



**Escola Politècnica Superior  
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# **TRABAJO FINAL DE CARRERA**

**TÍTULO:**

**Proceso de facturación del Terminal B Principal del Aeropuerto de Barcelona. Aplicación práctica sobre Witness.**

**AUTOR: José Antonio García Pérez**

**DIRECTOR: José Ignacio Galán Herranz**

**FECHA: 31 de Mayo de 2007**



**Título:**

Proceso de facturación del Terminal B Principal del Aeropuerto de Barcelona.  
Aplicación práctica sobre Witness.

**Autor:** José Antonio García Pérez

**Director:** José Ignacio Galán Herranz

**Fecha:** 31 de Mayo de 2007

**Resumen**

El objeto de estudio de este proyecto se centra en el proceso de facturación en el Terminal B Principal del Aeropuerto de Barcelona.

El trabajo consta de tres partes, y un apartado de conclusiones.

Parte 1.

Estudio teórico basado en la información recopilada de diferentes fuentes. En el mismo se incluye un análisis sobre el sistema de facturación, y los parámetros que influyen en el mismo. También se analiza la zona de facturación del Aeropuerto de Barcelona.

Parte 2.

Modelización a través del programa de simulación Witness del sistema de facturación del Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona. Para ello se han de fijar una serie de parámetros que tendremos que analizar previamente.

Parte 3.

Realimentación del modelo una vez contrastada la información teórica/práctica y trabajo de campo en el Aeropuerto de Barcelona.

Conclusiones.

El trabajo concluye con una serie de propuestas de mejora al sistema de facturación actual, una vez comparados los resultados obtenidos de todas las simulaciones.



**Title:**

Check-in process in Terminal B of the Airport of Barcelona.  
Practical application on Witness.

**Author:** José Antonio García Pérez

**Director:** José Ignacio Galán Herranz

**Date:** May, 31st 2007

**Overview**

The object of study of this project is centered in the check-in process in the Terminal B of the Airport of Barcelona.

The work consists on three parts, and a section of conclusions.

Part 1.

Theoretical study based on the compiled information of different sources. It's also included an overview of the check-in process, and a list of the parameters that influences on it. It's also analyzed the check-in zone of the Airport of Barcelona.

Part 2.

Simulation of the check-in process of the Terminal B of the Airport of Barcelona, through a program called Witness, It's necessary to fix several parameters before that simulation.

Part 3.

Refeeding of the model with new information obtained directly in the airport.

Conclusions

The work concludes with several proposals of improvement of the check-in system. These conclusions are obtained once all simulations have been analyzed.



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1. FACTURACIÓN EN EL AEROPUERTO DE BARCELONA ....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Terminales y compañías .....</b>	<b>12</b>
1.1.1. Terminales .....	12
1.1.2. Compañías .....	13
<b>1.2. Terminal B Principal .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 2. DATOS DE PARTIDA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Parámetros de facturación Terminal B principal .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. Plan de vuelo.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 3. ANÁLISIS TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Nivel de servicio .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. Área de colas en facturación.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3. Máximo tiempo en cola de facturación .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4. Número de mostradores de facturación .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS PRÁCTICO Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS</b>	<b>32</b>
<b>4.1. Tiempos en facturación .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Longitud de colas de facturación .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3. Superficies facturación .....</b>	<b>33</b>
<b>4.4 Factor de carga .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. Día y hora de máximo número pasajeros en facturación .....</b>	<b>34</b>

<b>CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE FACTURACIÓN CON HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN WITNESS .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1. Simulación con witness.....</b>	<b>38</b>
5.1.1. Introducción .....	38
5.1.2. Utilidad.....	38
5.1.3. Beneficios .....	39
<b>5.2. Elementos básicos de Witness .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3. Elementos prácticos en el aeropuerto .....</b>	<b>40</b>
<b>5.4. Configuración del escenario .....</b>	<b>41</b>
5.4.1. General .....	42
5.4.2. Programación de vuelos.....	42
5.4.3. Factor de carga .....	43
5.4.4. Curvas de presentación.....	43
5.4.5. Facturación .....	44
5.4.6. Compañías .....	45
<b>5.5. Ejecución del modelo.....</b>	<b>46</b>
<b>5.6. Resultados obtenidos mediante witness.....</b>	<b>47</b>
5.6.1. Configuración de la simulación de referencia .....	47
5.6.2. Resultados de la simulación de referencia.....	49
5.6.2.1. Pasajeros retrasados y colapsados .....	50
5.6.2.2. Estadísticas de la simulación de referencia .....	54
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y MEJORAS FUTURAS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO 1. FICHERO *.PDV.....</b>	<b>64</b>





## INTRODUCCIÓN

Los objetivos principales que nos marcamos en este proyecto son:

- El fin principal de nuestro estudio es conocer el grado de utilización de los mostradores de facturación, su capacidad y la calidad que dan al pasajero, en el Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona.
- Familiarizarnos con el software de Witness, ya que será ésta la herramienta que utilicemos para la simulación del proceso. De esta manera, podremos aplicarlo tanto para este estudio, como para proyectos posteriores.
- Parametrizar, teórica y experimentalmente, los distintos componentes que forman el proceso de facturación, de modo que podamos ajustar de forma más exacta la simulación del proceso en cuestión, y calcular el error que cometemos al utilizar unos u otros parámetros.
- Obtener conclusiones sobre posibles mejoras a realizar en el proceso de facturación.
- Obtener posibles mejoras a realizar en cuanto a mostradores de facturación, posición de colas, cantidad de mostradores, máquinas de “auto check-in”...
- Plantear mejoras del programa Witness de tal modo que cada vez las simulaciones se aproximen más a la realidad.

El proyecto está dividido en 6 capítulos, incluyendo esta introducción.

El primero de ellos nos muestra los objetivos del trabajo, y nos resume brevemente, el contenido de cada capítulo del informe.

En el segundo capítulo definimos los datos de los que disponemos antes de empezar a simular. Combinando estos datos debemos configurar nuestro programa de simulación para obtener los resultados deseados.

El tercer capítulo es el más teórico del proyecto, ya que en el mismo se fijan cuáles son los niveles de servicio adecuados para la máxima comodidad del pasajero y la máxima eficiencia de la terminal. Para ello se utilizan las recomendaciones de IATA incluidas en *Airport Development Reference Manual*, 8ª Edición, Año 1995 y *Airport Development Reference Manual*, 9ª Edición, Año 2004.

En el cuarto capítulo abordamos los cálculos de algunos parámetros necesarios para la simulación que se han obtenido de forma experimental mediante visitas y mediciones en el mismo aeropuerto. También obtenemos resultados teóricos de algunos parámetros, de manera, que podamos compararlos con los resultados obtenidos de la simulación.

El quinto capítulo tiene tres partes diferenciadas. En la primera parte describimos de forma teórica la herramienta de simulación Witness. Mientras que la segunda parte se centra en cómo configurar y ejecutar el programa de simulación. En la tercera parte analizamos los resultados obtenidos de la simulación.

En el sexto capítulo obtendremos conclusiones de los resultados de la simulación, compararemos los mismos con los resultados teóricos de capítulos anteriores, e intentaremos proponer posibles soluciones a los problemas encontrados, y mejoras a realizar.

# CAPÍTULO 1. FACTURACIÓN EN EL AEROPUERTO DE BARCELONA

## 1.1. Terminales y compañías

### 1.1.1. Terminales

El Aeropuerto de Barcelona sigue el criterio de uso de terminales por compañías, independientemente de cuál sea el destino u origen del vuelo, por lo que se producen vuelos de salida desde los tres terminales (A, B, y C) que componen el aeropuerto.



**Fig. 1.1.** Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona

Al llegar al aeropuerto, el pasajero se debe dirigir al Terminal en el que opera la compañía con la que vuela. Allí facturará el equipaje, y este es el momento en el que se va a centrar nuestro estudio: el proceso de facturación del pasajero, específicamente, en una zona del Terminal B principal del aeropuerto (Fig.1.1).

### 1.1.2. Compañías

En el Terminal A facturan Adria Airways, Aeroflot, Aerolíneas Argentinas, Air Algerie, Air Baltic, Air France, Air Malta, Air One, Alia Royal Jordanian, Alitalia, Alitalia Express, Avianca, Blue1 OY Findland, Bulgaria Air, CSA Czech Airlines, Delta Airlines, Easyjet, Easyjet Switzerland, Egyptair, Estonian Air, Jet2.com, KLM, Lagun Air, LOT, Luxair, Monarch Airlines, My Way Airlines, Portugalia, Royal Air Maroc, Skyeurope Airlines, Skyeurope Airlines Hungary, Smart Wings (Travel Service), Sterling Europe, Swiss International Air Lines Ltd, Syrian Arab Air, TAP-Air Portugal, Tarom, ThomsonFly, Transaero Airlines, Transavia Holland, Tunis Air, Turkish Airlines, Ukraine International, Virgin Express y Wind Jet.

En el Terminal B facturan Aebal (Aerolíneas Baleares), Aer Lingus, Air Berlin, Air Europa, Air Plus Comet, Alpi Eagles, Austrian Airlines, BA Connect, Blue Air, British Airways, Clickair, Condor Flugdienst, Continental Airways, El-Al, FlyGlobespan, FlyMe Sweden, Germanwings, Girjet (Gestión Aérea Ejecutiva), Iberia, LTE International Airways, Lufthansa, Meriadiana SpA, SAS, Singapore Airlines, SN Brussels, Spanair y Vueling Airlines.

En el Terminal C sólo facturan el puente aéreo de Iberia, Iberia Regional y las compañías de aviación general por un acceso independiente. Todas ellas se anuncian a la entrada de las terminales, como vemos en Fig. 1.2.



**Fig. 1.2.** Compañías que operan en el Aeropuerto de Barcelona



## 1.2. Terminal B Principal

Existen 91 mostradores en la planta baja del Terminal B, en los que facturan las compañías que se han detallado en el apartado anterior. En la Fig. 1.3. vemos la entrada de la misma Terminal.



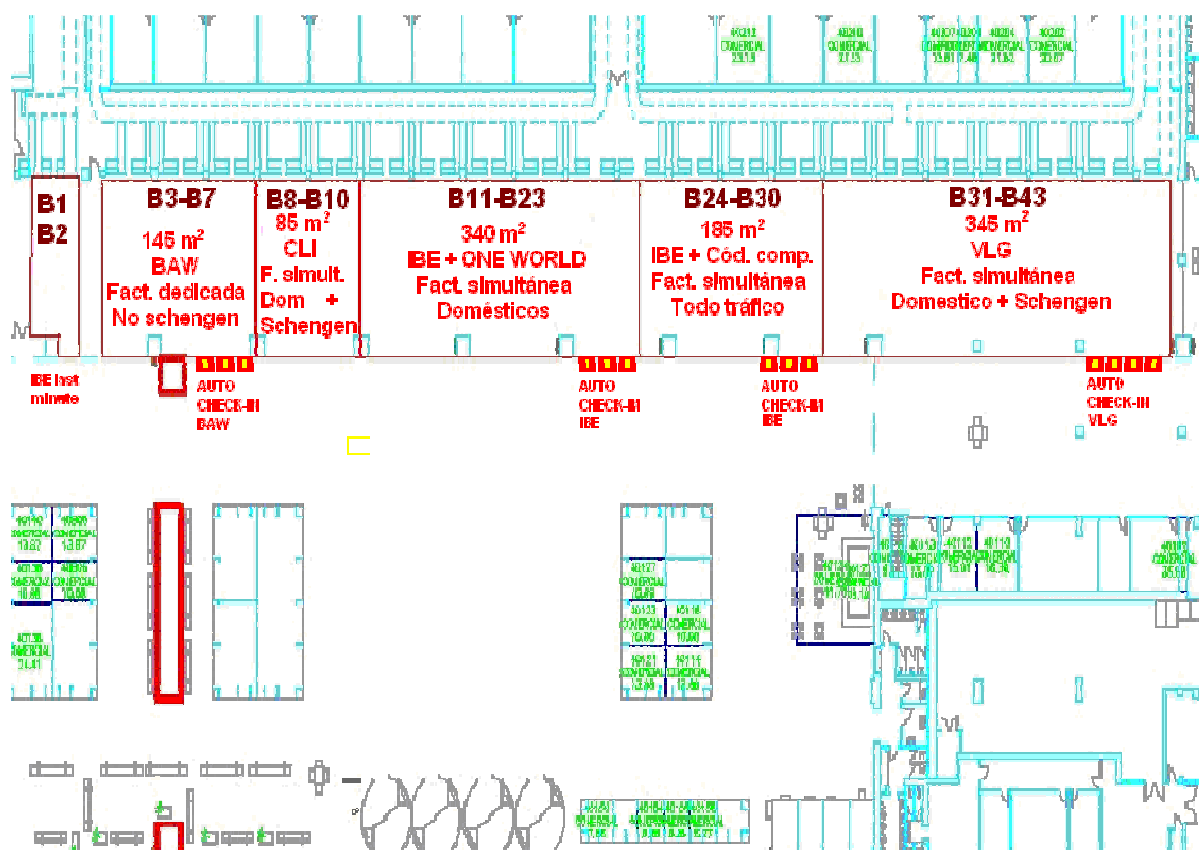
**Fig. 1.3.** Entrada Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona

Además, las compañías Spanair, Lufthansa, Vueling, Iberia y British Airways disponen de máquinas auto check-in (autofacturación).

Para nuestro estudio tendremos en cuenta los mostradores del 1 al 43, dentro de los 91 que encontramos en el Terminal B.

Además, de las máquinas de “auto check-in”, contaremos 14 máquinas de Iberia, 4 de Vueling, y 3 de British Airways.

En la siguiente Fig. 1.4. podemos observar la Terminal B principal, y dentro de la misma, los grupos de mostradores de facturación.



**Fig. 1.4.** Plano del Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona

Hemos dividido la Terminal en 5 grupos de mostradores. En el siguiente capítulo detallaremos qué criterio hemos seguido para realizar la división de los mostradores, y qué compañías y agentes handling se ocupan de cada grupo.

## CAPÍTULO 2. DATOS DE PARTIDA

Los datos que disponemos para realizar el análisis del proceso de facturación se pueden dividir en dos grupos:

- Parámetros de facturación del propio Terminal B principal, como son el número de mostradores de facturación, los grupos de mostradores, las compañías que operan en cada grupo, el tipo de facturación...
- Plan de vuelo facilitado por AENA, de unas fechas determinadas. En este caso, hemos trabajado con planes de vuelo de dos semanas diferentes. Por una parte, la semana del 08/05/06 al 14/05/06, y por otra la del 06/11/06 al 12/11/06, la cual vemos en la Fig.2.1.

COMP	NUMVUE	DES	FPREVS	PAX	CDTPAVPS	MOT	MOSP	MOSU	FIMOS	FFMOS
ADR	299	LJU	06/11/2006 0:40	156	320	J	A18	A19	05/11/2006 22:40	06/11/2006 0:20
IBE	6977	MAD	06/11/2006 4:25	162	320	J	B24	B30	06/11/2006 2:25	06/11/2006 4:05
UPS	242	VLC	06/11/2006 4:35	0	ABF	F				
CLI	1001	SVQ	06/11/2006 5:00	162	320	J	B8	B10	06/11/2006 3:00	06/11/2006 4:40
VLG	5001	CDG	06/11/2006 5:00	180	32S	J	B31	B43	06/11/2006 3:00	06/11/2006 4:40
VLG	5481	AMS	06/11/2006 5:00	180	32S	J	B31	B43	06/11/2006 3:00	06/11/2006 4:40
RGL	511	TNG	06/11/2006 5:10	46	AT4	J				
KLM	1664	AMS	06/11/2006 5:20	171	738	J	A7	A10	06/11/2006 3:40	06/11/2006 5:00
AUA	396	VIE	06/11/2006 5:25	144	320	J	B72	B74	06/11/2006 3:25	06/11/2006 5:05
IBE	625	MAD	06/11/2006 5:25	200	752	S	C1	C6	06/11/2006 3:25	06/11/2006 5:05
ALI	601	PMI	06/11/2006 5:30	14	SWM	H				
AZA	75	FCO	06/11/2006 5:30	133	M80	J	A11	A15	06/11/2006 3:30	06/11/2006 5:10
AEA	3451	LYS	06/11/2006 5:35	50	CRJ	J	A1	A7	06/11/2006 3:35	06/11/2006 5:15
AFR	5895	LYS	06/11/2006 5:35	50	CRJ	J	A1	A7	06/11/2006 3:35	06/11/2006 5:15
CLI	1007	GVA	06/11/2006 5:45	162	320	J	B8	B10	06/11/2006 3:45	06/11/2006 5:25
IBE	5658	GVA	06/11/2006 5:45	180	320	J	B8	B10	06/11/2006 3:45	06/11/2006 5:25

**Fig. 2.1.** Ejemplo de plan de vuelo facilitado por AENA

A partir de estos datos de partida, hemos de configurar el software de Witness, es decir hemos de asignar unas entradas para el programa a partir de todos los datos descritos anteriormente.



## 2.1. Parámetros de facturación Terminal B principal

Para la nomenclatura y el orden de los parámetros se ha tomado como base, siguiendo el mismo orden, el modelo paramétrico, el cual divide las áreas terminales dedicadas a la facturación según zonas de ubicación, afinidad en compañías handling y en otros factores que se detallan a continuación:

- **NM** = número de grupos de mostradores, que tengan en primer lugar que sean contiguos, compartan patio de carrillos, terminal y cuantos más parámetros mejor. En nuestro caso utilizamos NM igual a 5 grupos de mostradores.
- **Nmi** = número de mostradores del grupo i, en el cual se detalla las compañías operadoras, con los siguientes datos:
  - *Compañía*: en algunas compañías se incluyen los números de mostradores que utiliza en el caso de no utilizar toda la zona.
  - *Tserv*: tipo de servicio. Puede ser regular o chárter.
  - *Ttraf*: tipo de tráfico servido. Podemos encontrar tráfico doméstico, schengen, no schengen, internacional, o combinación de ellas.
  - *Número compañías* = número de compañías del grupo.
  - *Longitud de cola* = número máximo de pasajeros en cola, que se ha tomado de 8. Este número respeta el criterio de calidad de Aena 1.4 m<sup>2</sup>/pax (estándar C).
  - *S* = superficie física abarcada por grupo.
  - *Handling de facturación de pasajeros* = Agente handling que realiza el handling de pasajeros del grupo.
  - *Tfact* = Tipo de facturación.

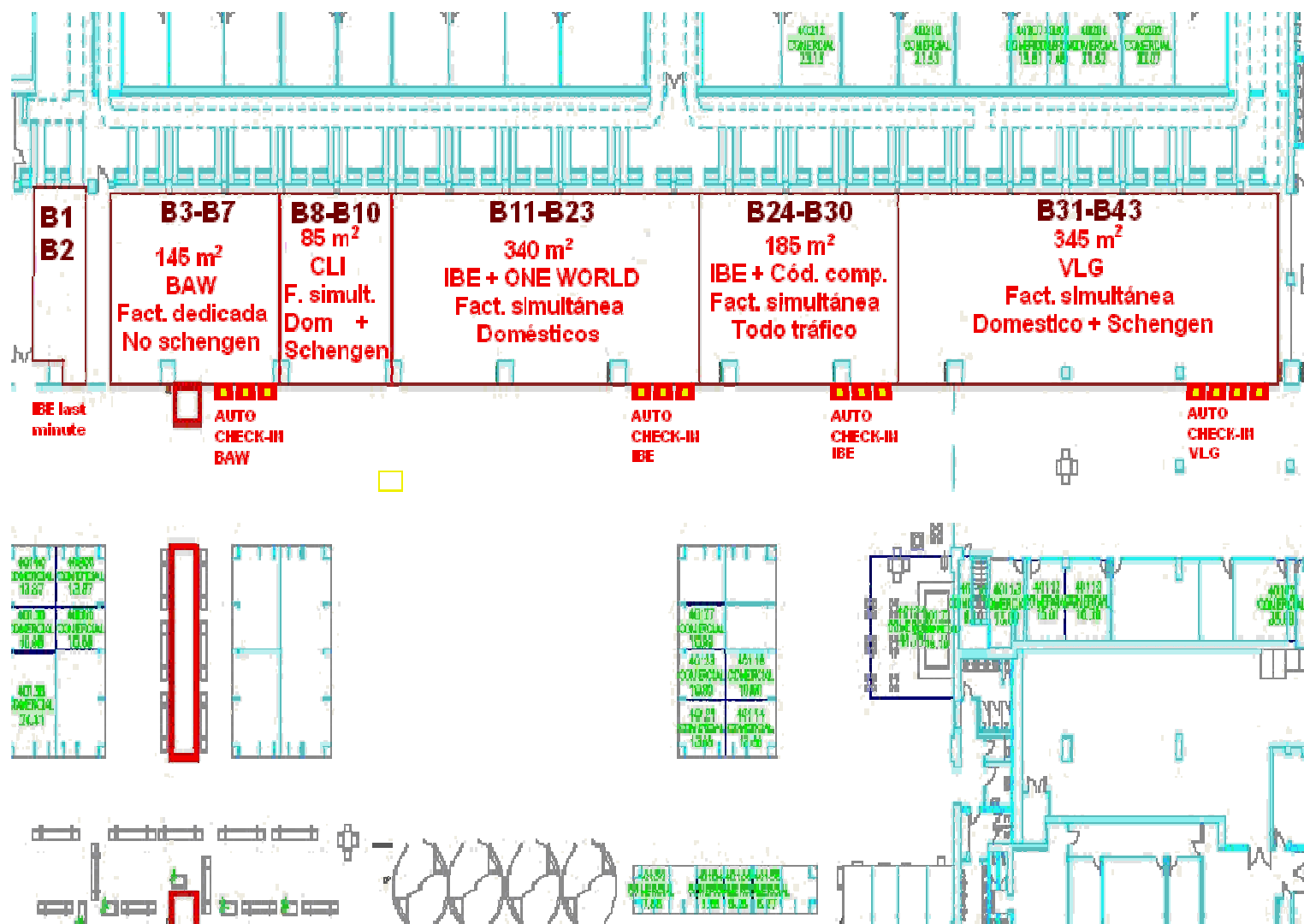
Podemos encontrar facturación dedicada, simultánea o mixta.

- Simultánea: El pasajero puede facturar en diferentes mostradores del grupo, mezclándose con pasajeros de otros vuelos de su mismo agente Handling o Compañía Auto-Handling.
- Dedicada: Los mostradores se asignan a vuelos específicos en grupos contiguos según sus necesidades. Y mientras dura esa asignación ningún otro vuelo puede usar esos recursos.

- **Mixta:** Grupos de Mostradores que admiten vuelos de otros grupos cuando estos no pueden dar servicio por falta de recursos. Pueden admitir vuelos de los dos tipos de facturación anteriores a la vez (en distintos mostradores por supuesto). El funcionamiento es similar al de los Mostradores de facturación Simultánea para los vuelos de facturación simultánea, y al de los Mostradores de facturación Dedicada para los vuelos de ese tipo de facturación.

Tal y como hemos visto en el capítulo 1, el Terminal B principal está compuesto por 5 grupos de mostradores de facturación, como puede observarse en la siguiente Fig.2.2.

Además, en la Tabla 2.1. se detalla cada uno de los parámetros para esta terminal y cada grupo.



**Fig. 2.2.** Plano Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona con división de mostradores de facturación en grupos

**Tabla 2.1.** Clasificación en grupos de los mostradores de facturación del Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona

MOSTRADORES TERMINAL B PRINCIPAL		Grupo	Número Mostradores [Nmi]	Tipo Facturación	Tipo Servicio	Tipo Tráfico	Número Compañías	Longitud cola [pax]	Superficie [m^2]	Compañías	Handling de facturación de pasajeros
Desde	Hasta										
B1	B2	0	2	IBE "last-minute" y equipajes especiales							
B3	B7	1	5	Dedicada	Regular	No schengen	2	8	145	BAW	AUTO HANDLING
B8	B10	2	3	Simultánea	Regular	Doméstico + Schengen	1	8	85	CLI	IBE
B11	B23	3	13	Simultánea	Regular	Doméstico	8	8	340	IBE + Compañías One World	AUTO HANDLING
B24	B30	4	7	Simultánea	Regular y Chárter (GJT)	Todo	14	8	185	IBE + Compañías en código compartido	AUTO HANDLING
B31	B43	5	13	Simultánea	Regular	Doméstico + Schengen	1	8	345	VLG	AUTO HANDLING

## **2.2. Plan de vuelo**

AENA nos ha facilitado los planes de vuelo de dos semanas diferentes del año 2006, una en primavera y otra en otoño. Así para cada vuelo, conocemos:

- Número de vuelo.
- Destino.
- Hora de salida.
- Asientos disponibles.
- Asientos ocupados.
- Tipo de avión (modelo).
- Compañía y agente handling que le da servicio.
- Tipo de vuelo (regular o chárter).
- Número de mostradores de facturación asignados.
- Hora de apertura de mostradores.
- Hora de cierre de mostradores.

## CAPÍTULO 3. ANÁLISIS TEÓRICO

Antes de comenzar a simular, hemos de fijar una serie de parámetros, relacionados con el diseño de la terminal, y con el nivel de servicio que se ofrece al pasajero.

Estos parámetros podemos fijarlos de un modo teórico, siguiendo las recomendaciones de IATA contenidas en *Airport Development Reference Manual*, 9ª Edición, Año 2004, o de manera experimental, haciendo medidas en el mismo terminal. En este capítulo se explican con detalle los parámetros de las recomendaciones IATA que inciden en nuestra simulación.

### 3.1. Nivel de servicio

Podemos considerar el nivel de servicio como un rango de valores, o como la habilidad para atender la demanda. Se utiliza un rango de niveles de servicio de A hasta F, para posibilitar la comparación entre distintos sistemas y subsistemas del aeropuerto, y para reflejar la naturaleza dinámica de la demanda.

- A. Nivel de servicio excelente.** Condiciones de flujo muy fluido, sin retrasos y con niveles de confort excelentes.
- B. Nivel de servicio alto.** Condiciones de flujo estable, muy pocos retrasos, y nivel de confort alto.
- C. Nivel de servicio bueno.** Condiciones de flujo estable, retrasos aceptables y buenos niveles de confort.
- D. Nivel de servicio adecuado.** Condiciones de flujo inestable, retrasos aceptables y cortos, y nivel de confort adecuado.
- E. Nivel de servicio inadecuado.** Condiciones de flujo inestable, retrasos y niveles de confort inaceptables.
- F. Nivel de servicio inaceptable.** Condiciones de cruce de flujos, caídas de los sistemas, y retrasos y niveles de confort inaceptables.

En el diseño de una terminal se fija el nivel de servicio C como un nivel mínimo, ya que éste denota un buen servicio a coste razonable. El nivel de servicio A no tiene cota superior. Mediante este nivel de servicio se intenta que el número total de pasajeros de un área destinados a hacer colas sea casi constante para cualquier vuelo. IATA fija el espacio por ocupante cuando la cola se desborda en la frontera entre los niveles de servicio C y D. Los pasajeros intentan evitar experiencias por debajo del nivel C, a menos que estén forzados. Los pasajeros que hacen cola en zonas que comparten espacio con flujos de pasajeros que se desplazan, pueden experimentar un nivel de servicio inferior.

### **3.2. Área de colas en facturación**

El área que rodea el mostrador de facturación debe ser suficientemente grande como para acomodar a un amigo del pasajero sin que interfiera en el proceso de facturación.

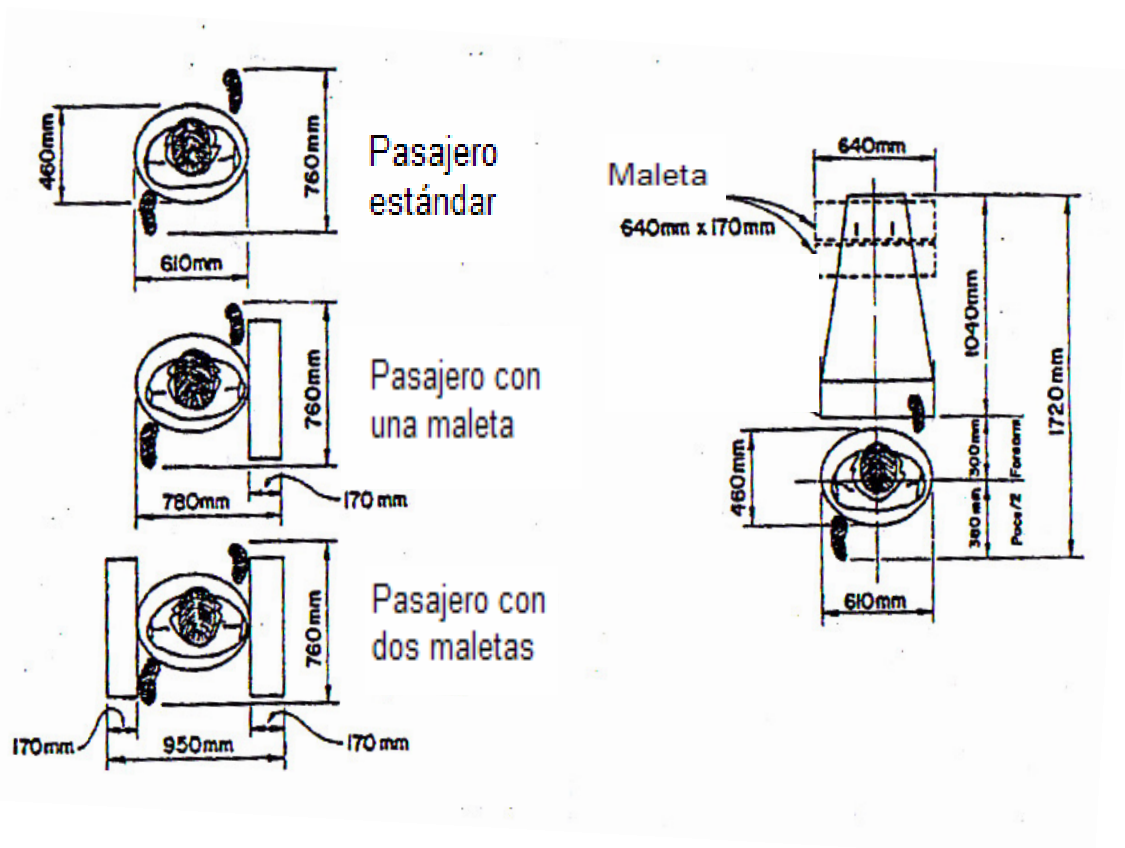
IATA (*Airport Development Reference Manual*, 9ª Edición, Año 2004) recomienda utilizar cuatro estándares de espacio de facturación. La clasificación se basa en diversos parámetros, como por ejemplo, la ocupación media de un pasajero con o sin maletas o carrito, como vemos en la Fig. 3.1.

En la Tabla 3.1. se detallan los estándares de niveles de servicio espacial (metros cuadrados/ocupante) en facturación para una cola individual.

Las recomendaciones de IATA (*Airport Development Reference Manual*, 8ª Edición, Año 1995), fijaban en 1.5 m<sup>2</sup>, la superficie necesaria para un pasajero en media para tener un buen nivel de servicio.

**Tabla 3.1.** Estándares de ocupación por pasajero según nivel de servicio (m<sup>2</sup>/pax)

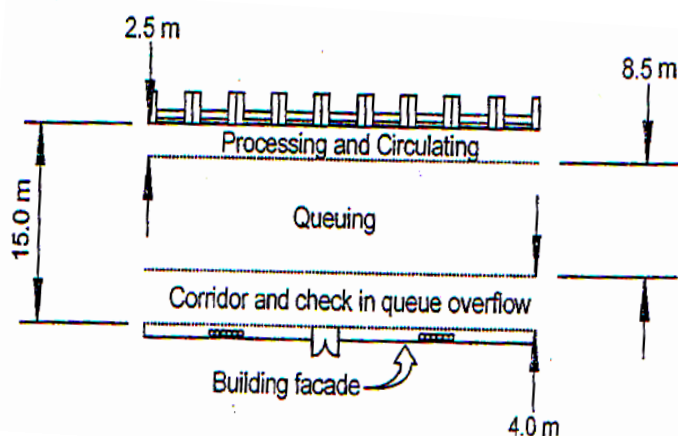
	A	B	C	D	E
1. Pocos carros y pocos pasajeros con equipaje para facturar (ancho de fila 1.2m)	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9
2. Pocos carros y 1 o 2 piezas de equipaje por pasajero (ancho de fila 1.2m)	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1
3. Alto porcentaje de pasajero con carros (ancho fila 1.4m)	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5
4. Vuelos "heavy" con 2 o más objetos por pasajero y alto porcentaje de pasajeros usando carros (ancho de fila 1.4m)	2.6	2.3	2.0	1.9	1.8



**Fig. 3.1.** Dimensión media de un pasajero con o sin maletas



Por último, en la Fig. 3.2. podemos ver las dimensiones recomendadas por IATA para una zona de facturación frontal en la que el máximo tiempo en cola es de 30-35 minutos. En el Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona, encontramos este tipo de facturación, siendo la zona de colas de una longitud muy similar.



**Fig. 3.2.** Dimensiones recomendadas en *Airport Development Reference Manual*, 9ª Edición, Año 2004 para zona de facturación frontal con máximo tiempo en cola de 30 minutos

### 3.3. Máximo tiempo en cola de facturación

Los patrones de ocupación en los diferentes subsistemas varían rápidamente, y esto afecta al espacio de cada ocupante. Además, el tiempo de ocupación de cada subsistema puede variar, con lo que varía el confort. Por esta razón, el tiempo es un factor importante para determinar la calidad del servicio y se debe considerar una variable principal en las medidas del nivel de servicio. Es difícil establecer una relación cuantitativa precisa entre el tiempo, el espacio disponible y el nivel de servicio. Esta es la razón por la que el tiempo no se tiene en cuenta como factor de nivel de servicio, y los estándares, a veces, se basan sólo en requerimientos espaciales.

La siguiente Tabla 3.2. nos muestra los estándares de tiempo de cola máximo en facturación (en minutos) según *Airport Development Reference Manual*, 9ª Edición, Año 2004.

**Tabla 3.2.** Estándares de tiempo en cola de facturación

	De corto a aceptable [min]	De aceptable a largo [min]
<b>Facturación en clase Economy</b>	0-12	12-30
<b>Facturación en clase Business</b>	0-3	3-5

### 3.4. Número de mostradores de facturación

Los horarios de los vuelos de salidas generan pasajeros de origen que llegan al terminal desde varios minutos hasta varias horas antes de la salida del vuelo. Los pasajeros de origen son procesados primero en los mostradores de facturación o en máquinas electrónicas de “auto check-in”. El flujo de pasajeros que sale de los mostradores regula la demanda en el siguiente subsistema. Por ejemplo, si el flujo máximo de pasajeros de salida de mostradores es de 10 pax/min, este valor representa la demanda máxima del siguiente subsistema.

Los mostradores de facturación son elementos clave con un impacto muy importante en el nivel de servicio ofrecido, en los costes de desarrollo de los terminales y las operaciones. Las siguientes reglas determinan los requerimientos para mostradores de uso común.

El procedimiento para determinar el número de mostradores requeridos según recoge el documento de IATA *Airport Development Reference Manual*, 9ª Edición, Año 2004, lo detallamos a continuación.

**Paso A:** Calcular los 30 minutos de demanda máxima en facturación.

**Paso B:** Determinar un resultado intermedio usando una gráfica dada.

**Paso C:** Calcular el número de mostradores de clase económica (uso común).

**Paso D:** Calcular el número total de mostradores (incluyendo los de clase “business”).

**Paso E:** Hacer ajustes para mostradores de facturación dedicada.

A continuación, aplicaremos estos pasos a la terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona, teniendo en cuenta la hora de diseño de una semana de Noviembre de 2006.

**Paso A: Calcular los 30 minutos de demanda máxima en facturación.**

El valor obtenido de los 30 minutos de demanda máxima es un buen modo de predecir la actuación y requerimientos en facturación. Debe estar basado en los horarios específicos de la zona, y en la distribución horaria de llegada de pasajeros a los mostradores. Se recomienda el siguiente procedimiento (3.1) si no se tienen las características de capacidad y demanda requeridas para calcular la carga en los 30 minutos de demanda máxima:

$$\text{Máx. Pax. 30 min} = \text{PHP de clase económica} \times F1 \times F2 \quad (3.1)$$

Donde:

*Máx. Pax* = Pasajeros en los 30 minutos de demanda máxima.

*PHP* = Máximos pasajeros de origen por hora en clase económica.

*F1* = % del PHP del pico de 30 minutos de la Tabla 3.3.

*F2* = Demanda adicional generada por los vuelos de salida antes y después del período de hora pico de la Tabla 3.4.

**Tabla 3.3.** F1: Pico de 30 minutos en facturación como porcentaje del período de hora pico

Número de vuelos durante el período de hora pico	Domésticos/ Schengen/ Internacional de corto alcance	Internacional de largo alcance
1	39%	29%
2	36%	28%
3	33%	26%
4 ó más	30%	25%

**Tabla 3.4.** F2: Demanda adicional generada por los vuelos de salida antes y después del período de hora pico

Carga de pax en hora antes y después % de PHP	Doméstico	Schengen/ Internacional corto alcance	Internacional largo alcance
90%	1.37	1.43	1.62
80%	1.31	1.40	1.54
70%	1.26	1.35	1.47
60%	1.22	1.30	1.40
50%	1.18	1.25	1.33
40%	1.14	1.20	1.26
30%	1.11	1.15	1.19
20%	1.07	1.10	1.12
10%	1.03	1.06	1.06

En nuestro caso, partiremos de un volumen de pasajeros en la hora pico de 3828 pasajeros, teniendo en cuenta los pasajeros de clase business. Si consideramos que tenemos un 10% de pasajeros en clase business, el PHP (clase económica) será igual a  $3828 * 90\%$  (PHP=3445 pasajeros).

También hemos de tener en cuenta que estamos tratando en esta hora hay un total de 25 vuelos domésticos y schengen. Y que en la hora anterior hubo 540 pasajeros (16% del PHP), y en la hora posterior 439 pasajeros (13% del PHP).

Por lo que tenemos que:

PHP = 3445 pasajeros; F1 = 30%; F2 = 1.07 (valor aproximado ya que tenemos  $16\%/2 + 13\%/2 = 15\%$ , y vuelos domésticos y schengen).

Pasajeros en los 30 minutos de demanda máxima =  $3445 \text{ pax} * 30\% * 1.07 = 1106 \text{ pax}$ .

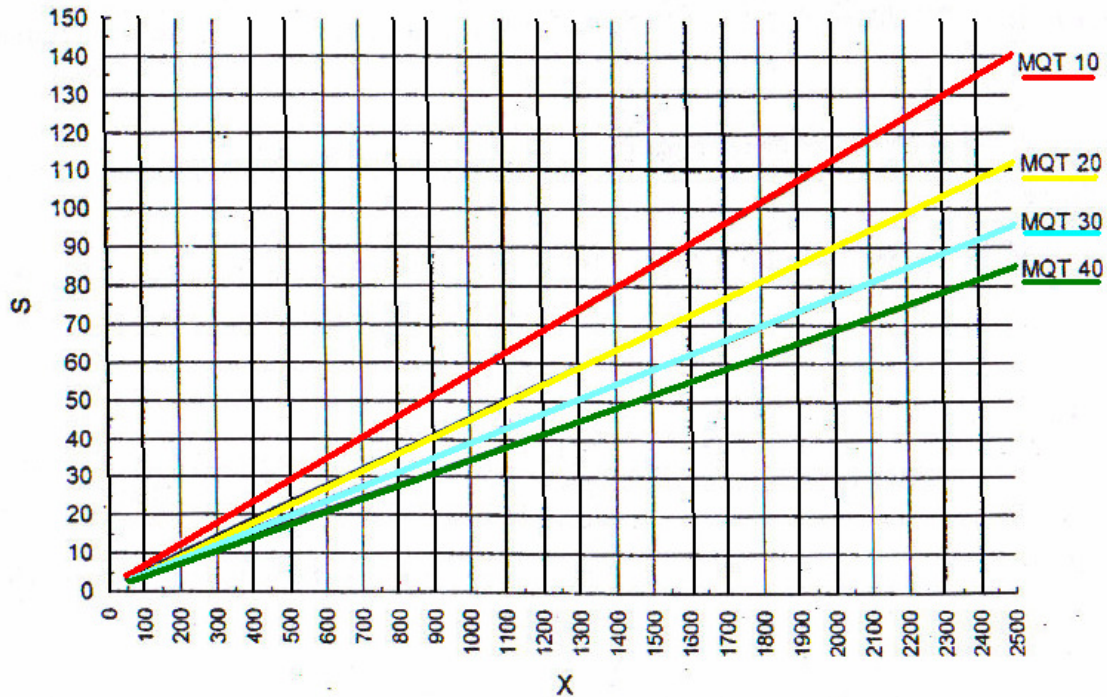
**Paso B:** Determinar un resultado intermedio, S, el cual tiene en cuenta el tiempo de cola máximo (MQT), utilizando la gráfica de la Fig.3.3.

Donde:

X = Pasajeros en los 30 minutos de demanda máxima.

S = Resultado intermedio.

MQT =Tiempo de cola máximo (minutos).



**Fig. 3.3.** Gráfica que relaciona demanda máxima, MQT y resultado intermedio de número de mostradores de facturación

En nuestro caso realizaremos dos pruebas. Una para un MQT de 10 minutos y otra para un MQT de 30 minutos. De este modo podemos acotar un rango de mostradores necesarios según el tiempo en cola.

MQT = 10 -> S = 63 mostradores.

MQT = 30 -> S = 44 mostradores.

**Paso C:** Calcular el número de mostradores de clase económica (uso común en período de demanda máxima).

Se utilizará la fórmula (3.2):

$$\#CIY = S * (PTcl / 120) \quad (3.2)$$

Donde:

#CIY = Número de mostradores de clase económica asumiendo uso común.

PTcl = Tiempo medio de procesamiento de facturación en segundos. Tomaremos como valor medio un PTcl de 90 segundos.

Así, para los dos casos que hemos planteado, tendremos:

MQT = 10 -> S = 63 -> #CIY =  $63 * (90/120) = 47$  mostradores.

MQT = 30 -> S = 44 -> #CIY =  $44 * (90/120) = 33$  mostradores.

**Paso D: Calcular el número total de mostradores (3.4)(incluyendo los de clase "business" (3.3))**

$$\#CIJ = \#CIY * 20\% \quad (3.3)$$

$$\#CI = \#CIY + \#CIJ \quad (3.4)$$

Donde:

$\#CI$  = Número de mostradores con clase business asumiendo uso común.

$\#CIY$  = Número de mostradores de clase económica asumiendo uso común.

$\#CIJ$  = Número de mostradores de clase business.

En nuestro caso:

MQT = 10 -> S = 63 ->  $\#CIY = 47$  ->  $\#CIJ = 9$  mostradores clase business.

MQT = 30 -> S = 44 ->  $\#CIY = 33$  ->  $\#CIJ = 7$  mostradores clase business.

Y para los mostradores totales:

MQT = 10 -> S = 63 ->  $\#CIY = 47$  ->  $\#CI = 47+9 = 56$  mostradores en total.

MQT = 30 -> S = 44 ->  $\#CIY = 33$  ->  $\#CI = 33+7 = 40$  mostradores en total.

**Paso E: Mostradores de facturación dedicada**

Debido a la gran variedad de aplicaciones de los mostradores de facturación dedicada entre aeropuertos, es difícil desarrollar una regla general para cuantificar los mostradores de facturación dedicados necesarios. La experiencia nos muestra que debemos incrementar en un 30-40% los mostradores totales si tenemos mostradores de facturación dedicada. De un modo alternativo, los planificadores pueden calcular y añadir el número de mostradores por grupo si se conoce el pico individual de cada grupo.

Como conclusión, y para el caso que tratamos del terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona, vemos que podríamos definir un rango definido entre 40 y 56 mostradores, según fijemos el tiempo máximo en cola entre 10 y 30 minutos. Estos valores son aproximados, ya que realizamos varias suposiciones en el proceso.

En el Terminal B principal del aeropuerto de Barcelona encontramos, para los vuelos que estamos analizando, 43 mostradores de facturación. También debemos tener en cuenta las máquinas de autofacturación, que suman un total de 13. Si sumamos los 43 mostradores más las 13 máquinas de autofacturación, tendríamos 56 unidades de facturación.

Podemos observar que, en la realidad, nos movemos dentro de un intervalo de unidades de facturación entre 43 y 56, y éste es similar al intervalo que hemos definido teóricamente.



## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS PRÁCTICO Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS

En los distintos apartados de este capítulo, se calculan varios parámetros necesarios para las simulaciones en facturación. Los mismos se han obtenido mediante la toma de medidas directas en el Aeropuerto de Barcelona o mediante conclusiones obtenidas a partir de planes de vuelo del mismo aeropuerto.

### 4.1. Tiempos en facturación

Se han calculado dos tiempos diferentes. Por una parte, tenemos el tiempo de espera en cola de facturación por pasajero, y por otra, el tiempo de facturación, el cual se refiere, al tiempo transcurrido entre el momento en que el pasajero accede al mostrador hasta que sale de la zona de mostradores de facturación.

Los siguientes tiempos (Tabla 4.1) son promedios calculados con un mínimo de 20 muestras. Estos datos fueron tomados entre las 15.00 h y las 18.00 h del día 20 de Febrero de 2007 en la Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona. También se incluye la desviación estándar de las medidas.

**Tabla 4.1.** Tiempos en facturación promediados obtenidos de medidas directas

<b>TIEMPOS EN FACTURACIÓN por pasajero</b>	<b>MEDIA [min]</b>	<b>DESV. ESTÁNDAR [min]</b>
Tiempo espera cola facturación / pax (doméstico+schengen)	7.2	1.6
Tiempo espera cola facturación / pax (no schengen)	12.5	2.1
Tiempo facturación / pax (doméstico + schengen)	1.03	0.6
Tiempo facturación / pax (no schengen)	1.53	0.7
Tiempo fact / pax (media total)	1.33	0.9

*Nota:* Las recomendaciones de IATA en su documento *Airport Development Reference Manual*, 8ª Edición, Año 1995 fijaban como tiempo de facturación medio, 2 minutos.



## 4.2 Longitud de colas de facturación

Si consideramos, tomando recomendaciones IATA que un pasajero ocupa una superficie de  $1.4 \text{ m}^2$ , y la longitud máxima de cola en facturación medida en el aeropuerto es de 10.57 metros, obtenemos que la cantidad máxima de pasajeros en cola para asegurar un buen nivel de servicio es de 7 pasajeros. Como vemos en la Fig.4.1., se ha considerado la longitud de la cola desde el frontal del mostrador hasta la línea de columnas, de este modo evitamos ocupar la zona de circulación.



Fig. 4.1. Área de colas de facturación del Terminal B

## 4.3. Superficies facturación

Las siguientes medidas de superficies de la Tabla 4.2. se han realizado con la ayuda de un plano de la terminal B, y mediante la división de grupos ya explicada en el capítulo anterior.

Tabla 4.2. Superficies de facturación según grupos de mostradores

MOSTRADORES		SUPERFICIE [ $\text{m}^2$ ]
Desde	Hasta	
B3	B7	145
B8	B10	85
B11	B23	340
B24	B30	185
B31	B43	345

## 4.4 Factor de carga

El factor de carga de un vuelo es un parámetro que indica la ocupación del vuelo, es decir, muestra el porcentaje de asientos ocupados de un vuelo.

El proceso de obtención del factor de carga ha sido el siguiente:

Paso 1. Se seleccionan los 900 vuelos que hubo en la semana del 6 al 12 de Noviembre de 2006.

Paso 2. Se separan los vuelos por tipo de vuelo, es decir, entre vuelos domésticos, schengen, no schengen, e internacional.

Paso 3. Obtenemos, a partir de los datos de cada vuelo, el número de pasajeros que tuvo cada uno de ellos, y la capacidad de la aeronave.

Paso 4. Se calcula el factor de carga para cada vuelo.

Paso 5. Se promedian los factores de carga según el tipo de vuelo.

Los factores de carga (factor de ocupación del vuelo) promedio según tipo de vuelo que obtuvimos son los mostrados en la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3.** Factor de carga promedio calculado para cada tipo de vuelo

TIPO DE VUELO	FACTOR DE CARGA
Doméstico	87.01 %
Schengen	88.29 %
No Schengen	79.61 %
Internacional	84.15 %

## 4.5. Día y hora de máximo número pasajeros en facturación

Para la semana de Noviembre con la que estamos trabajando (6/11/06-12/11/06) hemos hecho una clasificación de los días y de las horas de máximo número de pasajeros de salidas en la Terminal B principal, es decir, de pasajeros que van a llegar a los mostradores de facturación del B1 al B43, que es nuestra zona de estudio.

Así podremos elegir de un modo más eficaz las horas y los días que queremos simular. Podríamos, por ejemplo, simular el día de mayor número de pasajeros de salidas de la semana, o en lugar de un día entero, simular la hora de mayor número de pasajeros de la semana.

Debemos distinguir entre la hora punta, que se corresponde con la hora de máximo número de pasajeros de la semana, de la hora tipo, que es la hora seleccionada para la simulación, y que no tiene por qué coincidir con la punta.

En nuestro caso, la hora tipo seleccionada será la segunda hora de máximo número de pasajeros de la semana, ya que de este modo, evitamos posibles errores que hayan influido en el número de pasajeros de la hora punta.

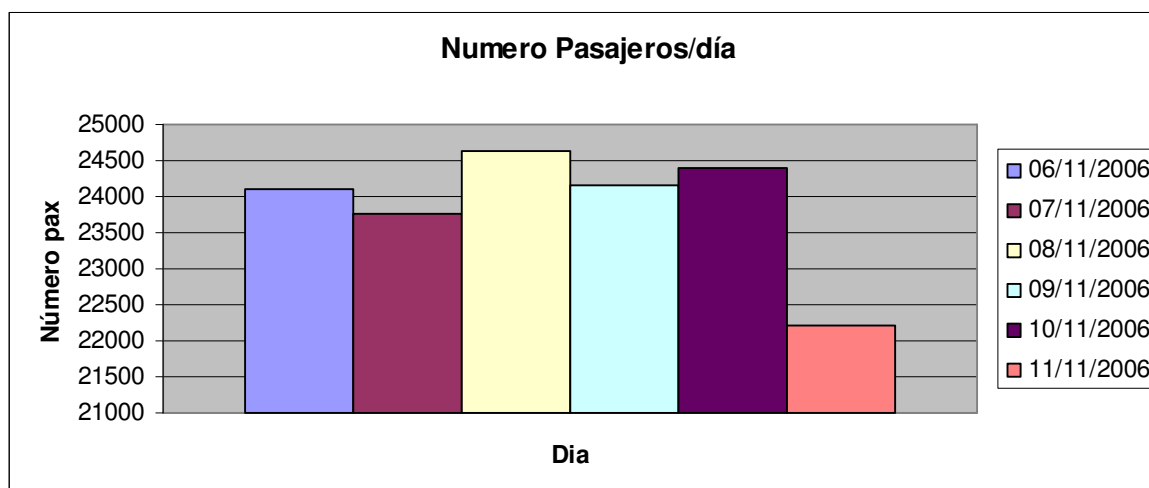
Por otra parte, el día punta se corresponde con el día de máximo número de pasajeros de la semana. Y en nuestro caso, el día tipo, coincidirá con el día punta, ya que sólo analizamos 7 días, y el valor más representativo lo encontraremos este mismo día.

La clasificación de días de más a menos pasajeros de la semana del 6 al 12 de Noviembre de 2006 se corresponde con la Tabla 4.4. y con la gráfica de la Fig.4.2.

**Tabla 4.4.** Clasificación de días de máximos pasajeros de una semana

DIA	NUMPAX/DIA
08/11/2006 (miércoles)	24635
10/11/2006 (viernes)	24394
09/11/2006 (jueves)	24165
06/11/2006 (lunes)	24099
07/11/2006 (martes)	23756
11/11/2006 (sábado)	22214

Podemos visualizar mejor estos datos en un gráfico.



**Fig. 4.2.** Clasificación de días de máximos pasajeros de una semana

Por lo que el día punta y el día tipo serán el 08/11/2006 (miércoles), como vemos en la clasificación de la figura anterior.

Sin embargo si realizamos una clasificación de las horas de máximos pasajeros de esta semana, obtendremos la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5.** Clasificación de horas de máximos pasajeros de una semana

NUMPAX/H	HORA	DÍA DE NOVIEMBRE
3828	15:00-15:59	8
3791	15:00-15:59	9
3775	15:00-15:59	7
3587	15:00-15:59	11
3570	15:00-15:59	6
3539	8:00-8:59	10
3447	15:00-15:59	10
3248	8:00-8:59	11
3264	8:00-8:59	6
3258	8:00-8:59	8
3114	8:00-8:59	7
3084	8:00-8:59	9
2076	9:00-9:59	6 y 9
2040	9:00-9:59	8
1932	9:00-9:59	10
1914	9:00-9:59	7

Sólo hemos indicado las 15 primeras horas de máximos pasajeros de la semana. Lo que se puede concluir fácilmente es que tenemos las horas puntas principales a las 15:00 de la tarde y a las 8:00 de la mañana.

La hora tipo que utilizaremos será de 15:00-15:59 del día 09/11/2006 (jueves), mientras que la hora punta es la misma hora pero del día anterior.



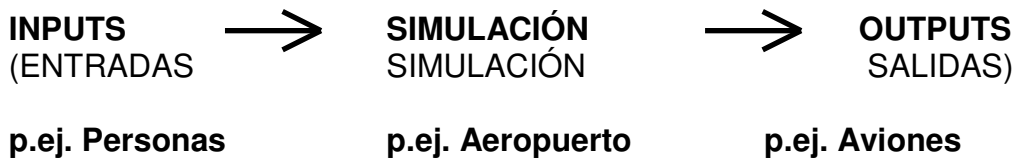
## CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE FACTURACIÓN CON HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN WITNESS

### 5.1. Simulación con witness

#### 5.1.1. Introducción

La simulación es el proceso de diseñar un modelo, con una lógica matemática, de un sistema real y experimentar con este modelo en el ordenador. Es un concepto que implica la creación de un modelo que imita la realidad existente. La simulación de eventos discretos (que emplea WITNESS) implica la modelización de un sistema mientras éste progresa en el tiempo. Proporciona la posibilidad de modelar acontecimientos aleatorios basados en distribuciones estándar o no-estándar, y predecir las interacciones que existen entre estos acontecimientos.

Todo sistema cuyos componentes se muevan dentro de un determinado número de tareas y produzcan nuevos componentes puede modelarse a través de la simulación. El desarrollo de los modelos de simulación se basa de manera considerable, en estos *INPUTS* y *OUTPUTS* (entradas y salidas). El diagrama siguiente muestra este concepto:



#### 5.1.2. Utilidad

WITNESS es un programa de simulación que permite desarrollar un entorno de simulación visual y de interpretación de un modo sencillo.

WITNESS posee una interfaz gráfica que permite comprender y mejorar nuestros procesos. WITNESS es un programa para asistir a la evaluación de alternativas, apoyar importantes iniciativas estratégicas y mejoras continuas. Su enfoque se basa en la creación de representaciones visuales de los sistemas de la vida real que, a través de modelos dinámicos, consiguen transformar simples datos en medidas productivas al mismo tiempo que fomentan el trabajo en equipo y la creatividad. Entre sus prestaciones, destaca:

- Dibujo del proceso de su negocio.
- Técnicas y métodos de optimización.
- Visualización en 3D.
- Análisis de minería de datos.
- Predicciones, planes y scheduling.

### 5.1.3. Beneficios

- Poder visualizar el sistema en investigación, como vemos en Fig. 5.1.
- Mejora en la comunicación de las ideas y un mayor entendimiento
- Un menor coste
- Posibilidad de probar con rapidez y facilidad variadas opciones
- Reducción del riesgo de la implementación de la simulación
- Reducción de los Costes Operativos y de los Costes de Capital

Vamos a utilizar una aplicación de Witness paramétrico, que nos va a permitir modelar el aeropuerto o la parte del mismo que nos interese, para a posteriori poder realizar un análisis crítico de lo que sucede y cuáles son las causas de dicho funcionamiento.

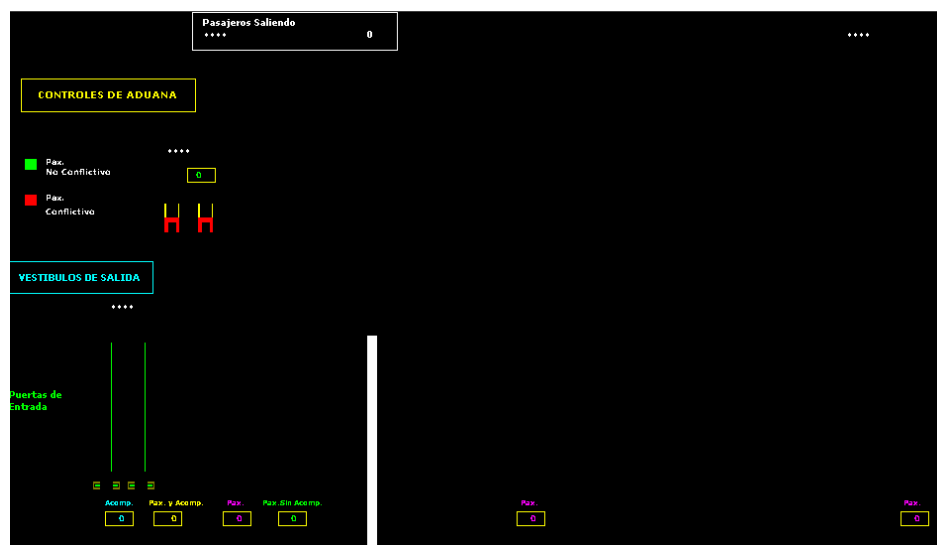


Fig. 5.1. Modelo de facturación de Witness

## 5.2. Elementos básicos de Witness

Los modelos se construyen a partir de una serie de elementos o de bloques. A continuación se describen los tres elementos considerados básicos:

- **PARTS o ENTITIES** (PIEZAS o ENTIDADES)

Las piezas o entidades fluyen a través del modelo. Pueden representar componentes físicos, proyectos que progresan a lo largo de una gran corporación, llamadas de teléfono o incluso gente moviéndose hacia un supermercado.

- **BUFFERS o QUEUES** (ALMACENES O COLAS)

Éstos son lugares donde las piezas o entidades pueden ser almacenadas. Gente en una cola o almacén y motores en una estantería son algunos de los ejemplos típicos.

- **MACHINES o ACTIVITIES** (MÁQUINAS o ACTIVIDADES)

Son elementos poderosos que se usan para representar cualquier objeto que tome piezas o entidades de algún lugar, las procese y las envíe hacia su próximo destino. Una fresadora, una organización que maneja un proyecto que retira posteriormente, o una planta entera, pueden representarse a través de estos elementos. Las Máquinas o Actividades que procesan una o varias piezas o entidades pueden modelarse también.

### 5.3. Elementos prácticos en el aeropuerto

- **Production Machine o Split Activity** (Máquina de producción/Actividad de división) – A una *production Machine* (máquina de producción) llega una única pieza y salen un número determinado de ellas.  
En el caso de la facturación se puede modelizar los mostradores con este tipo de máquinas, a las cuales llega una unidad de pasaje y sale el equipaje por un lado y el pasajero por otro.
- **Paths** (rutas) – Una ruta es un elemento que piezas o entidades (u otros recursos) pueden recorrer para ir desde un punto a otro. Puede usarse para representar la longitud y la trayectoria física de un viaje real, existente en su modelo. Son particularmente útiles para aumentar la precisión de su modelo siempre y cuando el tiempo del movimiento entre operaciones sea significativo.  
Este elemento puede utilizarse en distintas fases de la simulación del aeropuerto aunque aumentará la complejidad del modelo, puede ser adecuado para las colas que se forman en facturación, control de seguridad y pasaportes, etc.
- **Conveyors** (cintas transportadoras) – Las Cintas transportadoras mueven piezas o entidades a través de una instalación, generalmente desde un punto fijo hasta otro. Además, las posiciones discretas que las piezas ocupan cuando se mueven a lo largo de la Cinta pueden ser usadas para carga y descarga.

La aplicación directa en el modelo son las cintas transportadoras de equipajes, usando el tipo “**Fixed**” **Conveyors** (cintas transportadoras “fijas”) las cuales mantienen una distancia constante entre las piezas o entidades.

- **Muestro y Distribuciones** – Las curvas de presentación de pasajeros en facturación, embarque y recogida de equipajes, pueden ser introducidas en el modelo mediante *User Distribution*. A su vez también se puede modelizar la aleatoriedad del tiempo de facturación y de embarque pasajeros mediante una distribución triangular *Triangle* que toma valores aleatorios entre los valores probables, así se aumenta la complejidad del modelo ya que cada pasajero no es atendido en el mismo tiempo.



- **Picture Gallery y CAD Import** – Puede usarse imágenes en WITNESS para representar visualmente elementos, como telón del fondo del modelo o para realzar la presentación de un modelo de otras formas, se pueden usar imágenes en formato bmp, gif, jpg, dxf, emf o wmf. En el caso del aeropuerto para representar el movimiento de pasajero y equipajes sobre los planos de autocad de la propia terminal.
- **Averías y mano de obra** – Si se quisiese complicar más allá de lo inicialmente programado, el modelo de simulación del aeropuerto, se pueden añadir averías, programadas o aleatorias, a las máquinas para poder observar cómo trabaja el sistema con menor número de medios. A su vez se puede llegar a incluir la mano de obra, con sus turnos correspondientes y tiempo de mantenimiento de máquinas.

## 5.4. Configuración del escenario

Para proceder al manejo del modelo de simulación lo primero que tenemos que hacer es la configuración del módulo de Facturación para nuestro Terminal del aeropuerto en estudio.

Para ello, utilizaremos la interfaz de configuración del módulo de facturación, que tiene el siguiente aspecto de la Fig.5.2.



**Fig. 5.2.** Interfaz de configuración del módulo de facturación

Las siguientes pantallas permiten la configuración del módulo de facturación:

- General
- Programación de Vuelos
- Factor de Carga
- Curvas de Presentación
- Facturación
- Compañías

También hemos de fijar el tiempo en minutos de la simulación. En este caso, 1440 minutos son los necesarios para la simulación de un día.

### 5.4.1. General

En este apartado fijaremos tres parámetros, que observamos en la Fig. 5.3.

Ocupación de Superficies en Facturación	1,8	m2 / pasajero																																																																								
Tiempo de Espera en Facturación	30	minutos																																																																								
Porcentaje de Pasajeros para Cierre de Mostradores																																																																										
<table><tr><th>Nº Mostradores que se van a cerrar</th><th colspan="7">Número de Mostradores del Vuelo</th></tr><tr><th></th><th>8</th><th>7</th><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th></tr><tr><td>1</td><td>70</td><td>80</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>90</td><td>90</td></tr><tr><td>2</td><td>80</td><td>90</td><td>80</td><td>90</td><td>95</td><td>95</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>90</td><td>100</td><td>90</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td>95</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>100</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>			Nº Mostradores que se van a cerrar	Número de Mostradores del Vuelo								8	7	6	5	4	3	2	1	70	80	70	80	90	90	90	2	80	90	80	90	95	95		3	90	100	90	100	100			4	95	100	100	100				5	100	100	100					6	100	100						7	100						
Nº Mostradores que se van a cerrar	Número de Mostradores del Vuelo																																																																									
	8	7	6	5	4	3	2																																																																			
1	70	80	70	80	90	90	90																																																																			
2	80	90	80	90	95	95																																																																				
3	90	100	90	100	100																																																																					
4	95	100	100	100																																																																						
5	100	100	100																																																																							
6	100	100																																																																								
7	100																																																																									

**Fig. 5.3.** Pantalla General del módulo de facturación

Por una parte, tendremos la ocupación de superficies en facturación, que se corresponde con el valor mínimo aceptable de ocupación de las zonas de facturación en metros cuadrados por pasajero. Se utiliza como referencia para la valoración de la bondad de las ocupaciones obtenidas por la simulación.

Por otra parte, fijamos el tiempo máximo aceptable de espera en las colas de facturación, en minutos. Se utiliza para calcular el número de pasajeros que permanecen en cola por encima de ese valor.

Por último se puede fijar el modo en el que cierran los mostradores de facturación según el porcentaje de pasajeros que hayan facturado.

### 5.4.2. Programación de vuelos

Es el momento en el que introducimos el plan de vuelos que queremos simular. En nuestro caso, hemos simulado el día o la hora tipo de la semana con la que estamos trabajando.

Para cada vuelo, hemos de introducir los siguientes datos:

- Total de vuelos cargados.
- Número de vuelos a simular.
- Número de asientos de la aeronave.
- Tipo de facturación: simultánea, mixta o dedicada.
- Hora y minuto de salida del vuelo.
- Número de mostradores utilizados en facturación dedicada.
- Tipo de vuelo de salida, según destino: doméstico, schengen, no-schengen, internacional.
- Curva de presentación de pasajeros en facturación, es decir, evolución temporal del número de pasajeros que llegan a las colas de facturación.
- Antelación en minutos respecto a la hora de salida del vuelo, de la apertura de mostradores de facturación.
- Tipo de vuelo, según motivo: regular o chárter.
- Compañía.
- Tiempo medio que tarda en facturar un pasajero de este vuelo. El valor final se obtiene con una distribución triangular sobre este valor.

El plan de vuelo ha de tener un formato determinado para poder realizar su carga en el programa. Ha de ser un archivo de texto con todos los datos anteriores separados por tabulaciones, y con extensión '\*.pdv' (Anexo 1).

#### **5.4.3. Factor de carga**

Porcentaje de Ocupación del Vuelo por Pasajeros sobre el total de asientos ofertados. En la simulación se utilizan los promedios calculados en el capítulo anterior.

Se puede fijar un factor de carga general para todos los vuelos, o establecer un factor de carga según sea el tipo de vuelo (doméstico, schengen, no-schengen, internacional).

#### **5.4.4. Curvas de presentación**

Representación de la llegada de pasajeros al aeropuerto en intervalos de cinco minutos. Se considera que estos pueden empezar a llegar hasta tres horas antes de la hora prevista para la salida del Vuelo, por lo que las curvas las forman 37 intervalos de 5 minutos.

Cada columna representa una posible curva de presentación, pudiéndose configurar y usar hasta 10. Cada celda de la curva identifica el porcentaje de pasajeros total que debe estar presente en el modelo al finalizar el intervalo de cinco minutos al que corresponde. Es decir que si una celda tiene un valor de 30, indica que al acabar ese intervalo en el modelo deben haber entrado el 30 por ciento del total de pasajeros que facturarán en el vuelo, (Nº. de Asientos del avión por el Factor de Carga), y si el valor del siguiente intervalo fuera de 40, en este segundo intervalo deberían entrar un 10 por ciento más para alcanzar ese 40 sobre el total.

La entrada de pasajeros en el modelo se hace de forma uniforme a lo largo del intervalo.

En la curva de presentación de la Fig.5.4. observamos que comienzan a llegar pasajeros 140 minutos antes de la salida del vuelo, que a los 95 minutos antes de la salida han facturado el 50% de los pasajeros, y que el 100% ha facturado a falta de 50 minutos de la salida del vuelo. En nuestra simulación elegimos una curva de presentación para cada tipo de vuelo, según sea doméstico,...



**Fig. 5.4.** Ejemplo de Curva de Presentación

#### 5.4.5. Facturación

En este apartado se fijan y configuran los distintos grupos de facturación, como vemos en la Fig. 5.5. Entre los parámetros a configurar, encontramos:

- Número de mostradores totales.
- Número de grupos en los que dividimos los mostradores.
- Número de mostradores por grupo.
- Tipo de facturación: simultánea, mixta o dedicada.
- Tipo de tráfico.
- Disposición física de los mostradores de facturación.
- Longitud de las colas, en número máximo de pasajeros en cola.
- Superficie total en metros cuadrados que ocupa el área para formación de colas del grupo demostradores.
- Tipo y códigos de entidad que darán uso al grupo.

En la simulación, esta pantalla la hemos configurado con los siguientes grupos:

Número de Mostradores	41	(Máximo 999)
Número de Grupos	5	(Máximo 30)

Grupo	Número Mostrador	Modo Facturación	Tipo Servicio	Tipo Tráfico	Tipo Facturac.	Long. Colas	Área (m2)
1	5	Dedicada	Regular	No Schengen	Lineal	50	145
2	3	Simultánea		Doméstico + Schengen	Lineal	50	85
3	13	Simultánea		Doméstico	Lineal	50	340
4	7	Simultánea		Todo	Lineal	50	185
5	13	Simultánea		Doméstico + Schengen	Lineal	50	345

Fig. 5.5. Pantalla Facturación del módulo de facturación

#### 5.4.6. Compañías

Definición de compañías y agentes handling (Fig.5.6), así como de las relaciones entre ambos para la asignación de mostradores a compañías o agentes específicos. En nuestra simulación podemos encontrar los siguientes:

Código Numérico	Nombre	Código	Agente Handling
1	American Airlines	AAL	A2
2	Arkia Israel Airlines	AIZ	A2
3	Air Nostrum	ANS	A2
4	Avianca	AVA	A2
5	British Airways	BAW	A1
6	British Airways C.E.	BRT	A1
7	Clickair	CLI	A2
8	Canadian Pacific Airlines	CPA	A2
9	Delta Air	DAT	A2
10	El Al-Israel Airlines	ELY	A2
11	Finnair	FIN	A2
12	Girget	GJT	A2
13	Iberia	IBE	A2
14	Japan Airlines	JAL	A2
15	LAN Airlines	LAN	A2
16	Lithuanian Airlines	LIL	A2
17	Malev-Hungarian Airlines	MAH	A2
18	Mexican Airlines	MXA	A2
19	Royal Air Maroc	RAM	A2
20	Vueling Airlines	VLG	A3

Código Numérico	Nombre
A1	BAW
A2	Iberia
A3	Vueling

Fig. 5.6. Pantalla Compañías del módulo de facturación

## 5.5. Ejecución del modelo

Antes de correr el modelo, deben seguirse varios pasos para su correcto funcionamiento:

1. Crear una carpeta del directorio principal de Witness que se llame, por ejemplo: Facturacion\_TBppal.
2. Ubicar en dicha carpeta los ficheros utilizados por el modelo, el de Excel (Facturación.xls) y el de Witness (Facturacion.mod)
3. Para correr el modelo han de estar abiertos los 2 ficheros (el fichero Facturacion.xls abrirlo habilitando las macros). Hemos de tener en cuenta que tanto la configuración de entrada, como los resultados que obtengamos los monitorizaremos desde el archivo de Excel.
4. Ya abierto el fichero Facturación.xls se debería poner un límite de tiempo para que el programa se pare llegado a un valor. Si se tiene la programación de un día entero se incluye el dato de 1440 (minutos) en la casilla Tiempo de simulación.
5. Antes de correr el modelo, hemos de cargar el plan de vuelo que queramos simular. Para ello, vamos a la hoja de configuración Programación de vuelos, pinchamos en Nueva Programación, y abrimos el archivo de extensión \*.pdv que incluya el plan de vuelos que deseamos. Hemos de insistir en que el plan de vuelo necesario para la simulación ha de tener el formato que se describe en el Anexo 1.
6. Por último hemos de completar todos los parámetros de configuración que sean necesarios para que la simulación se ajuste lo máximo a la realidad.
7. Para iniciar el modelo se pulsa en el icono Run.
8. Con el modelo en marcha se puede visualizar datos de los pasajeros, para ello se para el modelo (Stop), y puedes navegar por los resultados parciales que obtengas. Es recomendable no actualizar resultados hasta que no haya acabado la simulación.

## 5.6. Resultados obtenidos mediante witness

Con el objetivo de que los resultados se puedan analizar de un modo sencillo, se ha dividido este apartado en tres subapartados. En el primero detallaremos la configuración de una primera simulación de referencia con parámetros estándar recomendados por IATA. En el segundo analizaremos los resultados de esta simulación, y veremos las causas de los problemas que genera. Por último, en el tercer subapartado, se exponen los resultados de simulaciones con parámetros menos restrictivos que los utilizados en la simulación de referencia, y se comentan las diferencias entre los mismos.

### 5.6.1. Configuración de la simulación de referencia

- En primer lugar hemos de saber que los parámetros *Ocupación de Superficies en Facturación* y *Tiempo de espera en facturación* de la pantalla de configuración “General”, sólo son umbrales con los que el programa compara los resultados que obtiene de la simulación. Por tanto, podemos variar estos parámetros, y los resultados de la simulación no variarán.

En principio, fijaremos estos umbrales de comparación en, 1.8 m<sup>2</sup>/pax la ocupación, y en 10 minutos el tiempo medio de espera en cola, los cuales, establecen un nivel de servicio B, aproximadamente. Como ya hemos dicho, el programa calcula el tiempo medio en cola de todos los pasajeros, mientras que el umbral de ocupación se utiliza para la comparación de resultados.

- Como ya se ha dicho, se han realizado simulaciones tanto del día tipo (que en nuestro caso coincide con el día punta), como de la hora tipo, que se corresponde con la segunda hora de máximo número de pasajeros. El día tipo, como ya hemos visto es el día 8 de Noviembre de 2006, en el que facturaron 24635 pasajeros.

Se simulan un total de 154 vuelos de este día. El número inicial de vuelos era mayor, sin embargo, muchos de ellos eran vuelos con código compartido entre varias compañías. En este caso, sólo hemos simulado un vuelo, ya que los pasajeros del mismo sólo facturan una vez.

También se han fijado parámetros tales como: hora de salida del vuelo, tipo de vuelo según destino, tipo de vuelo según motivo (regular o chárter), compañía que lo lleva a cabo, minutos de antelación respecto la hora de salida que abren mostradores de facturación... Todos estos parámetros se han extraído de los planes de vuelo cedidos por AENA.

Hemos de destacar un parámetro importante en la simulación, como es el tiempo de facturación por pasajero para cada vuelo. Este parámetro no es fijo y los resultados obtenidos dependen en gran modo de su valor. Así hemos asignado los siguientes tiempos de facturación: 1 minuto para

vuelos doméstico y schengen, 1.3 minutos para vuelos no-schengen, y 1.6 minutos para vuelos internacionales.

- En cuanto al *factor de carga*, hemos utilizado los promedios calculados y que se pueden observar en la Tabla 4.3.
- Para la *curva de presentación*, hemos seleccionado la Fig. 5.7. para todos los vuelos después de diversas pruebas, ya que creemos que es la que más se puede ajustar a la realidad dentro de las opciones que tenemos.



**Fig. 5.7.** Curva de presentación para simulación de referencia

En la misma, los pasajeros comienzan a facturar dos horas antes de la salida del vuelo, y han facturado todos 35 minutos antes. El 50% de los pasajeros han facturado una hora antes de la salida del vuelo.

- Los parámetros de la pantalla “Facturación” se han establecido tal y como indica la Fig.5.8, y como vimos en la Fig. 2.2 y en la Tabla 2.1. Como ya se ha comentado, hay 41 mostradores de facturación en el Terminal B principal, ya que omitimos los mostradores de equipajes especiales y de último minuto, y éstos los hemos dividido en 5 grupos de facturación.

El primer grupo consta de 5 mostradores de facturación dedicada. En los mismos facturan vuelos de British Airways con autohandling. El tráfico es no-schengen (UK), y el área de facturación es de 145 m<sup>2</sup>.

El segundo grupo lo componen 3 mostradores de facturación simultánea para vuelos de Clickair. El tráfico es doméstico y schengen y ocupan un área de 85 m<sup>2</sup>. El handling de pasajeros los realiza Iberia.



El tercer grupo de mostradores incluye los vuelos domésticos de Iberia y de compañías de la alianza One World, y lo componen 13 mostradores. Ocupa una superficie de 340 m<sup>2</sup>.

El cuarto grupo es muy conflictivo, ya que incluye todo tipo de tráfico en facturación simultánea para vuelos de Iberia (más compañías en código compartido) en tan sólo 7 mostradores (185 m<sup>2</sup>). Veremos en los resultados que está realmente colapsado.

En el quinto grupo encontramos los vuelos de Vueling en facturación simultánea. Hay 13 mostradores para una superficie total de 345 m<sup>2</sup>. Vueling realiza autohandling de pasajeros y sus vuelos son domésticos y schengen.

Grupo	Número Mostrador	Modo Facturación	Tipo Servicio	Tipo Tráfico	Tipo Facturac.	Long. Colas	Área (m2)
1	5	Dedicada	Regular	No Schengen	Lineal	30	145
2	3	Simultánea		Doméstico + Schengen	Lineal	30	85
3	13	Simultánea		Doméstico	Lineal	30	340
4	7	Simultánea		Todo	Lineal	30	185
5	13	Simultánea		Doméstico + Schengen	Lineal	30	345

**Fig. 5.8.** Configuración de grupos de facturación

La *longitud de la cola de facturación* es otro parámetro importante a fijar cuando divides los grupos de facturación. En una primera aproximación se fijo la longitud de cola a un máximo de 7 pasajeros, ya que con este número aseguramos un nivel de servicio B. Sin embargo, tras varias simulaciones, y la visita al aeropuerto, se ha concluido que este valor ha de ser mayor. En la simulación de referencia fijaremos este valor de longitud de cola a 30 pasajeros. Se ha aumentado mucho el valor de la longitud de la cola, ya que tras realizar varias simulaciones, hemos visto, que no conseguimos buenos resultados si este valor es bajo.

- Por último, se han de seleccionar las compañías y los agentes handling que forman parte de la simulación. Podemos encontrar todas las compañías de la simulación y el agente handling de pasajeros para cada compañía en la Fig.5.6.

### 5.6.2. Resultados de la simulación de referencia

Antes de comenzar a analizar los resultados se han de definir varios conceptos:

- Pasajero facturado: Pasajero que ha facturado antes del límite de 30 minutos antes de la Hora de Salida del Vuelo.
- Pasajero retrasado: Pasajero que ha facturado pasado el límite de 30 minutos antes de la Hora de Salida del Vuelo.

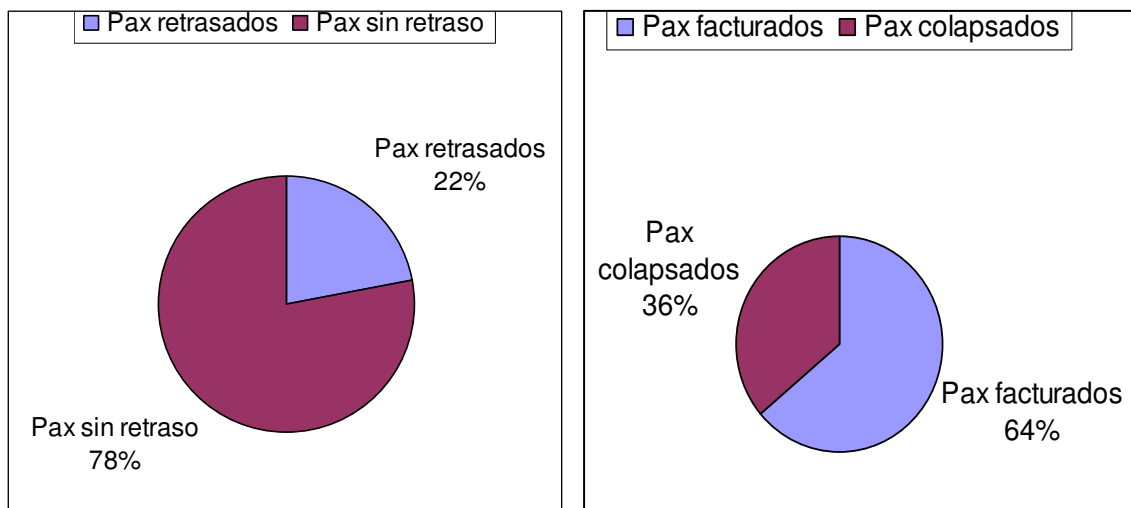
- Pasajero colapsado: Pasajero en facturación simultánea que no ha encontrado sitio donde facturar, o bien porque no tenía mostradores asignados, o porque estaban todas las colas llenas cuando entró en el sistema. Desaparece del modelo, por lo que no cuenta en los resultados.

#### 5.6.2.1. Pasajeros retrasados y colapsados

Para el análisis de los resultados hemos de tener en cuenta que los pasajeros colapsados no entran en la simulación ni en los resultados de la misma, mientras que los facturados y los retrasados sí que entran. Este es un dato importante, ya que si hay muchos pasajeros colapsados, entran menos pasajeros en la simulación, por lo que la calidad de los resultados será mayor, tanto en tiempos de espera, como en superficie de ocupación por pasajero.

El primer dato que nos llama la atención en los resultados de la simulación realizada es el siguiente, que podemos observar gráficamente en la Fig.5.9.

- Pax facturados = 64% del total de pax.
- Pax retrasados = 22% del total de pax.
- Pax colapsados = 36% del total de pax.



**Fig. 5.9.** Porcentaje pasajeros facturados y colapsados

Esto nos viene a indicar que sólo un 64% de todos los pasajeros que llegan a la cola de facturación consiguen facturar. Por tanto, y como consecuencia de esto, hay un 36% de pasajeros que no facturan, ya que su cola está llena y no puede entrar ni siquiera a la cola de facturación. Estos pasajeros colapsados no entran al sistema, ni son contabilizados en las estadísticas que se calculan con posterioridad.

Además de los pasajeros que perdemos por el colapso, hay un 22% del total de pasajeros que debían facturar, que facturan pasados los 30 minutos anteriores

a la salida del vuelo, es decir que están retrasados, lo que conlleva el posterior retraso de dicho vuelo.

Este problema nos deja la duda de si las estadísticas que después analizamos son del todo útiles, ya que no tienen en cuenta el verdadero problema que nos encontramos.

Si nos centramos en el análisis por grupos, obtenemos un resultado sorprendente. Del total de colapsados el 92% son del grupo 4, mientras que el grupo 2 tiene un 6.5%, y el grupo 3 un 1.5%, como vemos en la Fig. 5.10. Con lo que podemos concluir que el problema principal lo encontramos en el grupo de mostradores 4. Como hemos visto en la descripción del grupo, este incluye todo tipo de tráfico en facturación simultánea para vuelos de Iberia (más compañías en código compartido) en tan sólo 7 mostradores. Sin embargo, los otros dos grandes grupos, el 3 y el 5, tienen 13 mostradores consecutivos para facturación simultánea. Por lo que en el momento en el que hay muchos vuelos seguidos en el grupo 4, se colapsa.

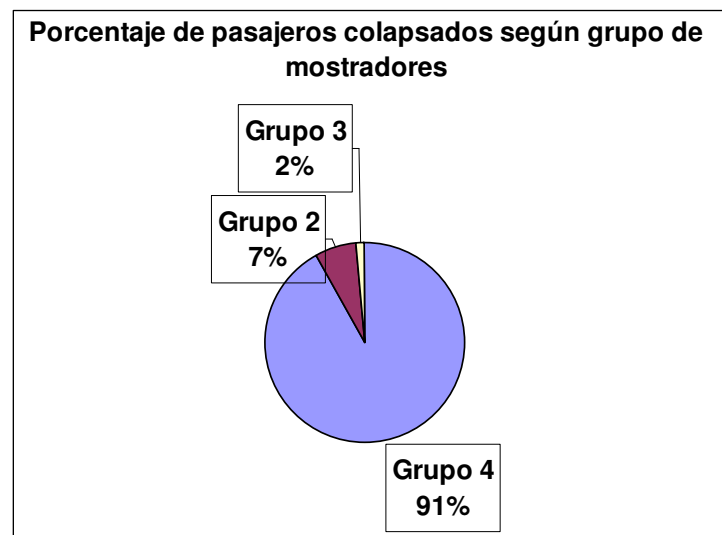


Fig. 5.10. Porcentaje pasajeros colapsados según grupo

Esta es una de las razones del colapso que encontramos: el reparto de grupos quizá ha perjudicado el nivel de servicio del grupo 4.

Sin embargo, hay otra **razón por la que se puede justificar la gran cantidad de pasajeros colapsados**: la manera en la que el programa witness gestiona las colas de facturación. Cuando llega el primer pasajero, pasa al primer mostrador de facturación. Cuando llega el segundo, éste espera a que termine el primer pasajero para poder facturar. Y así sucesivamente hasta que la cola de facturación alcance el tamaño máximo que hemos fijado en cada mostrador de facturación. Así que **no se abre un segundo mostrador hasta que la cola del primer mostrador esté llena, y así sucesivamente**. Esto genera un mayor colapso en todo el sistema.

Este hecho no se ajusta a la realidad del aeropuerto, ya que en el mismo hay varios mostradores abiertos, no se abre un mostrador nuevo cuando está llena la cola de otro. Sin embargo, tampoco se da el caso contrario siempre, es decir

que estén todos abiertos todo el tiempo, ya que normalmente del total de mostradores, sólo se utiliza un porcentaje.

Veamos ahora, cómo cambian los resultados según cambiemos los parámetros de configuración. Para ello, se han realizado varias simulaciones que resumimos en la siguiente Tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Resumen de resultados de simulación en cuanto a pasajeros

<b>Simulación de referencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ocupación</b>=1.8m<sup>2</sup>/pax, <b>Tcola</b>=10 min, <b>Long.cola</b>=30 pax, <b>Curva pres</b>=9 (todas).</li> <li>• <b>Tfacturación</b>= 1 min (Dom,schengen), 1.3 min (No schengen), 1.6 min (int).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pax facturados = 64%</li> <li>• Pax retrasados = 22%</li> <li>• Pax colapsados = 36%</li> </ul>
<b>Simulación 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cambio Ocupación</b> = 0.5 m<sup>2</sup>/pax</li> <li>• NO CAMBIA NADA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pax facturados = 64%</li> <li>• Pax retrasados = 22%</li> <li>• Pax colapsados = 36%</li> </ul>
<b>Simulación 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cambio Tcola</b>= 30 min</li> <li>• NO CAMBIA NADA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pax facturados = 64%</li> <li>• Pax retrasados = 22%</li> <li>• Pax colapsados = 36%</li> </ul>
<b>Simulación 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cambio Longitud Cola</b> = 50 pax</li> <li>• Hay una mejora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pax facturados = 72%</li> <li>• Pax retrasados = 35%</li> <li>• Pax colapsados = 28%</li> </ul>
<b>Simulación 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cambio Tfacturación</b>=1 min (para todos los vuelos)</li> <li>• Hay una mejora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pax facturados = 68%</li> <li>• Pax retrasados = 23%</li> <li>• Pax colapsados = 32%</li> </ul>
<b>Simulación 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cambio Curva pres</b>=3 (todas)</li> <li>• Empeora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pax facturados = 64%</li> <li>• Pax retrasados = 23%</li> <li>• Pax colapsados = 36%</li> </ul>
<b>Simulación 7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Selecciono los parámetros que han dado mejores resultados.</i></li> <li>• <b>Tfact</b>=1 min, <b>CV</b>=9, <b>Long.cola</b>=50 pax.</li> <li>• Mejora considerable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pax facturados = 76%</li> <li>• Pax retrasados = 35%</li> <li>• Pax colapsados = 24%</li> </ul>

De todos estos resultados podemos sacar las siguientes conclusiones:

- Definitivamente la ocupación por pasajero y el tiempo en cola de facturación no influyen en los resultados obtenidos. Sólo se usan como referencia para comparar en los resultados como vemos en la Simulación 2 y 3.
- También podemos afirmar que los parámetros más importantes que variarán los resultados son: Tiempo de facturación, Longitud de colas de facturación, y Curva de presentación.
- La Simulación 7, en la que hemos combinado los parámetros que más favorecen a la eliminación de pasajeros colapsados, sigue sin ser especialmente buena, ya que siguen habiendo una parte de pasajeros colapsados (alrededor de 20% del total), y hay muchos pasajeros retrasados.
- El aumento de pasajeros retrasados cuando los parámetros son menos restrictivos (Simulación 7) es lógico. Esto es debido a que entran muchos más pasajeros a facturar que antes, ya que se colapsan menos que en las simulaciones anteriores.
- Se ha realizado una última prueba en la que se ha fijado el tiempo de facturación de todos los pasajeros a 0.1 minutos. De este modo, y como es lógico, no hay pasajeros colapsados. Sin embargo, aún siendo tan restrictivos, queda algún pasajero retrasado.
- Los problemas que nos encontramos son debidos, en cierto modo, a las limitaciones de trabajar con un programa de simulación, el cual no responde exactamente como un caso real, con lo que nunca encontraremos un resultado totalmente exacto.

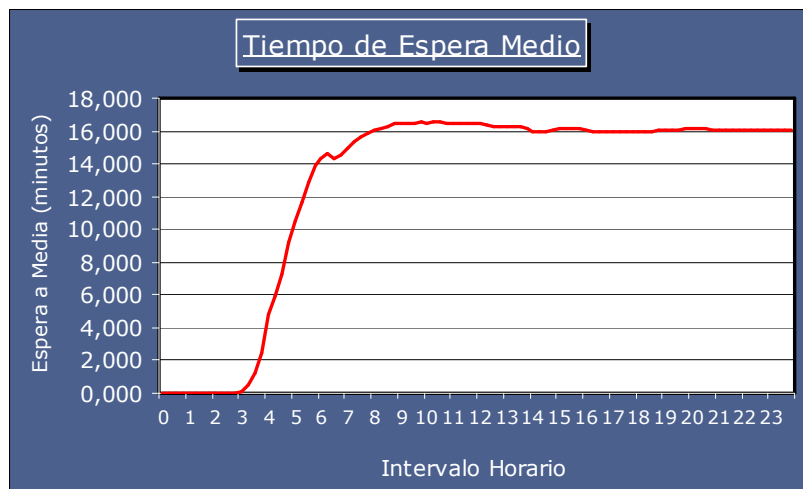
### 5.6.2.2. Estadísticas de la simulación de referencia

En este apartado dejaremos aparcados los pasajeros colapsados, y nos centraremos en las estadísticas que podemos analizar de los pasajeros que sí entran al sistema. De este modo, también nos familiarizaremos con las posibilidades del programa de simulación.

- En primer lugar, y como ya hemos visto, el programa calcula el número de pasajeros que facturan tarde, el número de pasajeros que no entran al sistema, los vuelos que se retrasan y los que ni siquiera salen. Con este resultado ya nos podemos hacer una idea de la fiabilidad de los resultados que obtenemos, y de lo acertados que hemos estado en la configuración de la simulación.

En la simulación de referencia, ya sabemos que el porcentaje de pasajeros que no entran al sistema es alto, y que también hay más de un 20% de pasajeros retrasados, con sus correspondientes vuelos retrasados.

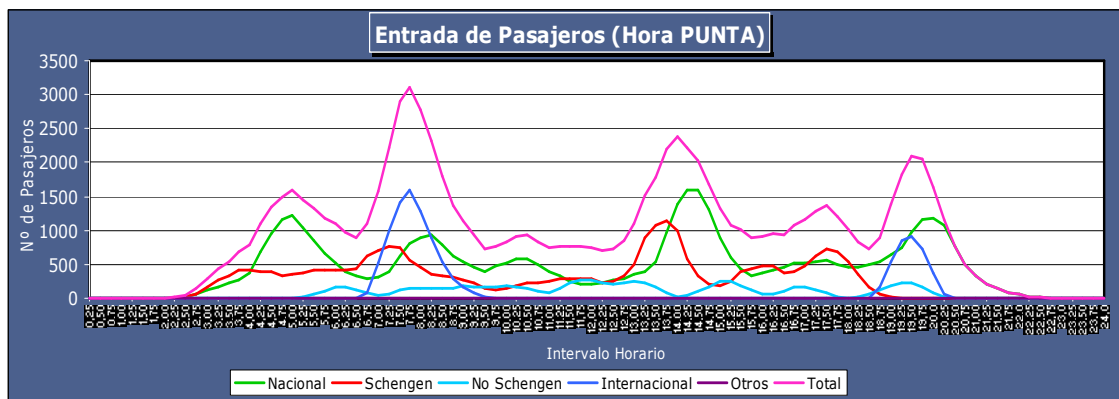
- También se estima el tiempo medio de espera de todos los pasajeros que han entrado al sistema. Para la simulación de referencia sería el tiempo indicado en la Fig. 5.11.



**Fig. 5.11.** Tiempo de espera medio para simulación de referencia

Podemos ver, que en media los pasajeros de esta simulación esperan unos 16 minutos en la cola de facturación. En principio, habíamos fijado la referencia de tiempo máximo de espera en 10 minutos, por lo que la calidad en cuanto a tiempos de espera tendrá un nivel de servicio muy bajo.

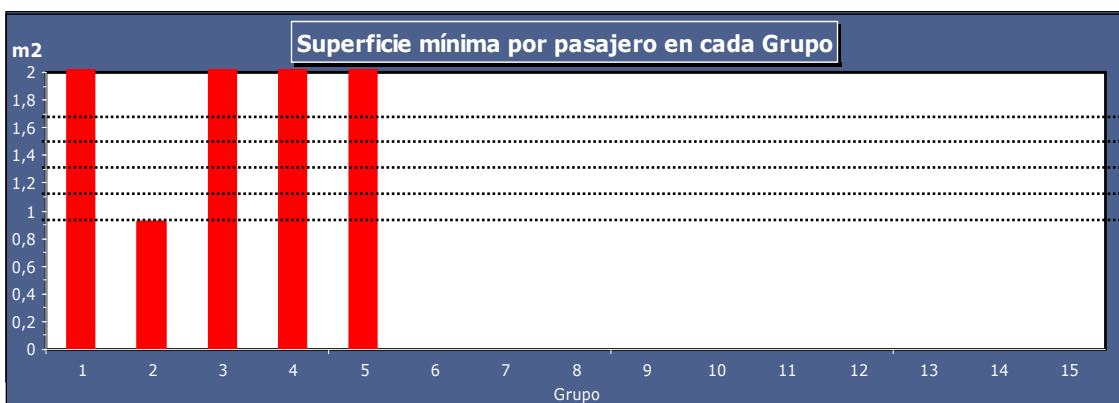
- Otro parámetro que nos puede interesar es conocer las horas punta del día, donde tenemos un gran número de pasajeros a facturar, y donde, tendremos más problemas de retrasos y colapsos.



**Fig. 5.12.** Evolución del número de pasajeros a facturar a lo largo del día

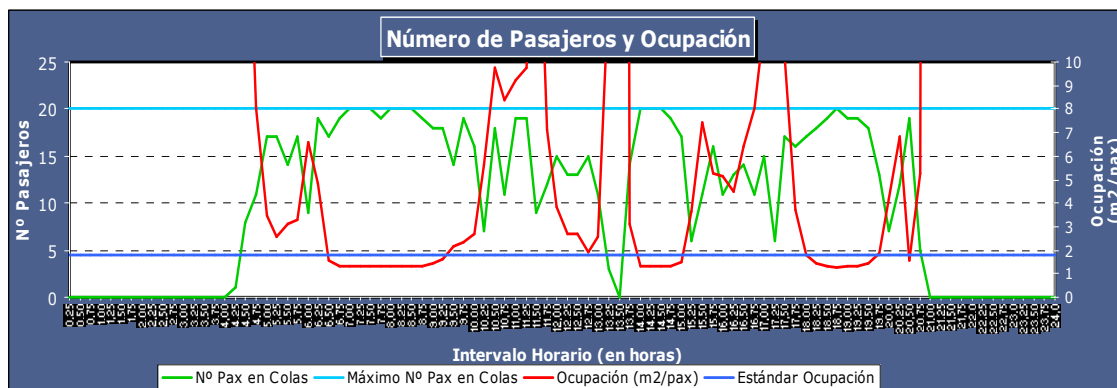
De este modo podemos deducir las horas punta del día, que se corresponden con las 15.00 h y las 8.00 h, mientras que encontramos también picos menores a las 20.00 h, a las 5.00 h y a las 17.30 h.

También podemos analizar las horas puntas para cada grupo individualmente. Para el grupo 4, por ejemplo, tendríamos la evolución temporal que aparece en la Fig.5.13.



**Fig. 5.13.** Número de pasajeros a facturar y facturados en el grupo 4

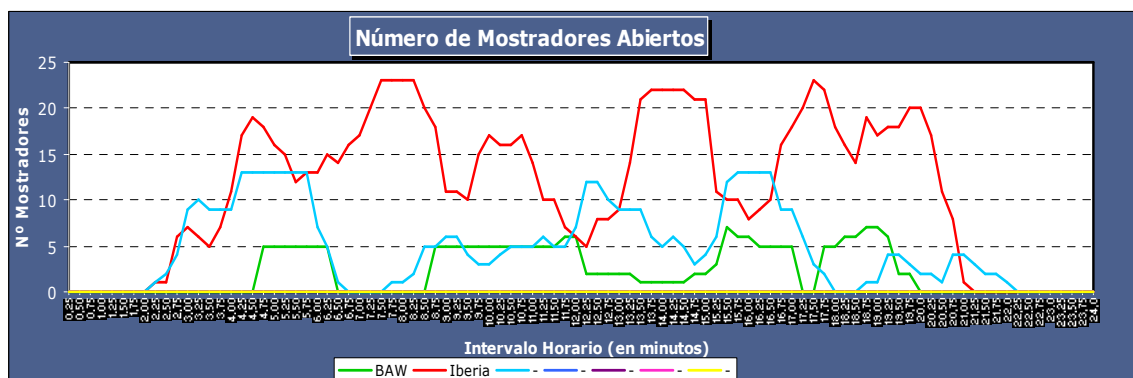
- En cuanto a la ocupación por pasajero, se hace una división por grupos. En este caso vamos a mostrar la ocupación del grupo 4, que es el que más problemas nos da, en la Fig. 5.14.



**Fig. 5.14.** Número de pax en cola y ocupación del grupo 4 a lo largo del día

En la gráfica podemos observar que donde más problema tenemos es en las horas punta del día. Como hemos dicho anteriormente, hemos fijado el umbral de ocupación en  $1.8 \text{ m}^2$ . Este umbral, lo superamos en las horas punta de las 8.00 h, de las 14.00 h, y de las 20.00 h. De todo modos, el umbral de ocupación que encontramos es de  $1.28 \text{ m}^2$ , con lo que estaríamos ofreciendo, en esos momentos un nivel de servicio D. Después veremos el nivel de servicio promedio para este grupo.

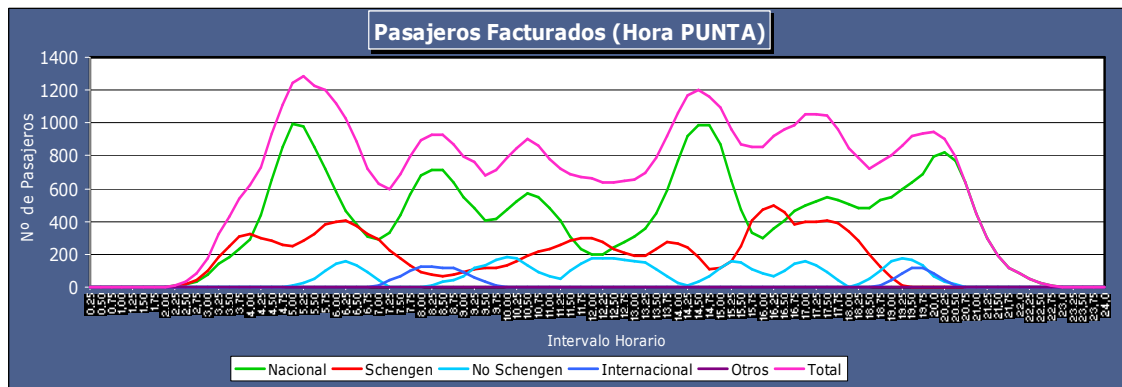
- El siguiente parámetro que se nos muestra, es el número de mostradores abiertos a lo largo del día para cada agente handling. Volvemos a comprobar los picos de pasajeros durante el día en la Fig.5.15. También podemos observar como es Iberia el que tiene más mostradores abiertos durante el día, seguido de Vueling, y BAW.



**Fig. 5.15.** Número de mostradores abiertos según agente handling

- El siguiente parámetro que veremos será qué tipo de vuelo predomina en el aeropuerto según el destino de los mismos. Para ello nos ayudamos del número de pasajeros facturados, que sí han entrado al sistema, aunque se hayan retrasados. Así, tal y como vemos en la Fig. 5.16, el vuelo nacional es el que está por encima de los demás casi todo el día. Sólo encontramos dos tramos durante el día en el que hay más vuelos schengen que domésticos. Por debajo de estos encontramos los vuelos no schengen, y por último, sólo encontramos vuelos internacionales en dos tramos horarios del día.

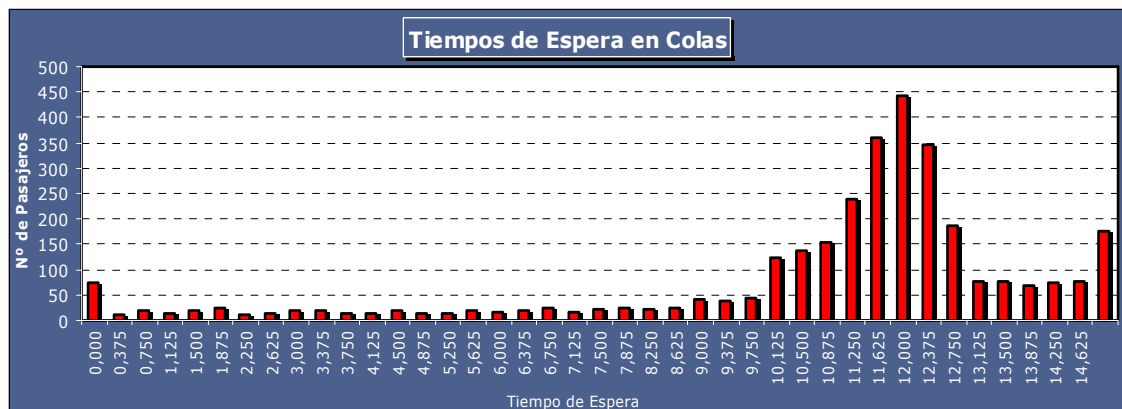




**Fig. 5.16.** Número de pasajeros facturados según tipo de vuelo

En cuanto al máximo número de pasajeros facturados durante el día, encontramos que llega casi a 1000 pasajeros para vuelos domésticos, 500 pasajeros en schengen, y rondan los 125 pasajeros los vuelos no-schengen e internacionales.

- A continuación, podemos conocer el tiempo de esperas en cola de facturación para cada grupo. Si volvemos a coger el grupo 4, obtenemos la siguiente Fig. 5.17.



**Fig. 5.17.** Tiempo de espera en cola de facturación para el grupo 4

- En la gráfica podemos ver, que casi 450 pasajeros esperan unos 12 minutos en cola en este grupo. Además también se nos da información extra como, el tiempo máximo de espera que son unos 17 minutos, el tiempo medio de espera que son unos 11 minutos, y el porcentaje de pasajeros que esperan menos de los 10 minutos (que habíamos fijado como tiempo umbral estándar), que son un 20%. Estos datos revelan que el nivel de servicio de este grupo, en cuanto tiempos de espera, es bastante bajo.
- Pasemos a comparar con los valores umbrales estándar que hemos fijado para esta simulación: 1.8 m<sup>2</sup>/pax, y 10 minutos en cola de facturación.

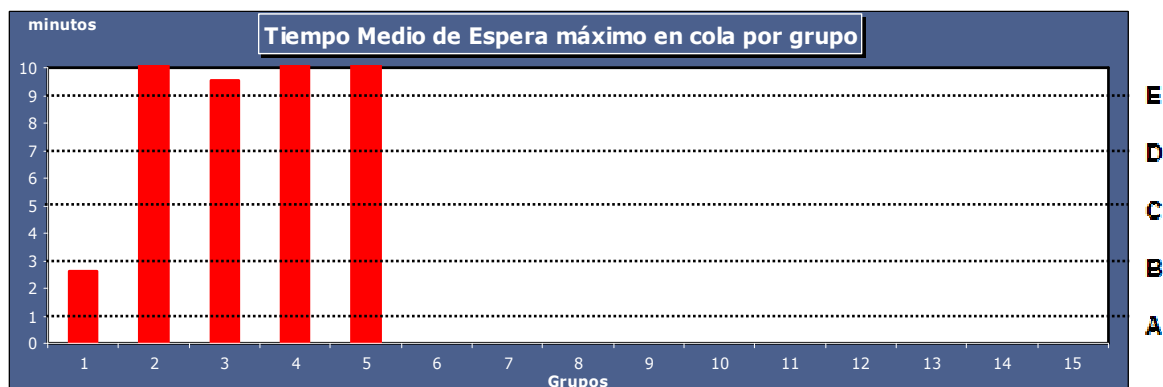
Hay varios parámetros que nos miden la calidad del servicio comparando valores. Pero hemos de tener muy en cuenta que no todos los pasajeros han entrado en la simulación, y que por tanto estamos obteniendo resultados que no se ajustan del todo a la realidad. Por ejemplo, podemos ver la calidad del servicio en cuanto a la ocupación por pasajero, y según grupos de facturación (Fig.5.18).

En la misma podemos ver como en todos los grupos excepto en el 2, la superficie mínima por pasajero es mayor a 1.8 m<sup>2</sup>, por lo que todos tendrían un nivel de servicio A en cuanto a ocupación. El grupo 2, no alcanza el m<sup>2</sup> por pasajero, por lo que tendría un nivel de servicio E. Pero, como ya se ha comentado, estos resultados son engañosos, ya que si hubieran entrado en la simulación todos los pasajeros, la superficie por pasajero hubiera disminuido mucho, y todos los grupos hubieran tenido un nivel de servicio bajo, como el del grupo 2.

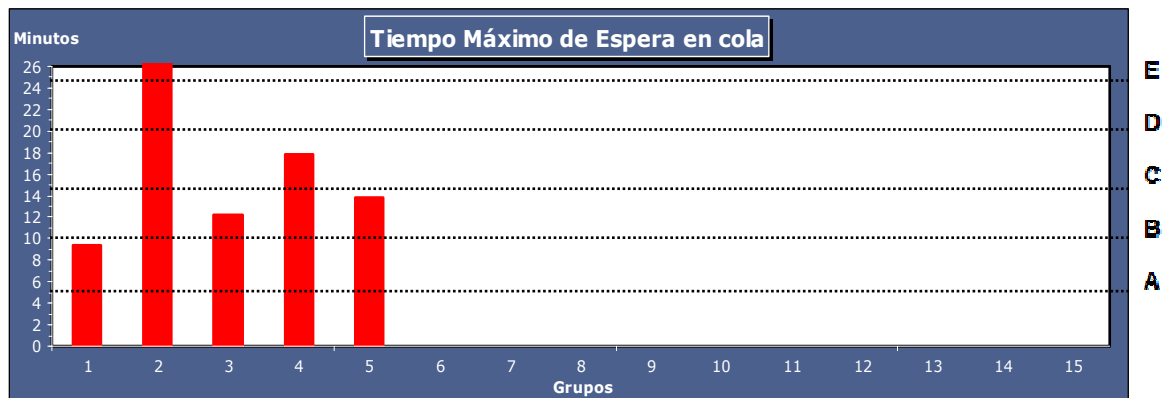


**Fig. 5.18.** Superficie mínima por pasajero según grupo

En cuanto a los tiempos de espera, los resultados no son tan buenos. A continuación veremos dos figuras relacionadas. La Fig.5.19 nos muestra los tiempos medios de espera máximos para cada grupo, mientras que la Fig. 5.20, nos indica los tiempos máximos de espera para cada grupo, comparándolos siempre con los niveles estándar recomendados por IATA, según los niveles de servicio A, B, C, D, E.



**Fig. 5.19.** Tiempo medio de espera máximo en cola según grupo



**Fig. 5.20.** Tiempo máximo de espera en cola según grupo

En el tiempo medio máximo en cola vemos que tenemos un nivel de servicio E para todos los grupos excepto para el 1, y eso que se han quedado un gran número de pasajeros sin facturar.

También es cierto que hemos considerado el tiempo medio de espera de 10 minutos, y podríamos haber sido menos restrictivos de saber los resultados que obtendríamos.

El tiempo máximo de espera en cola genera mejores resultados, aunque hemos de insistir que hay un gran número de pasajeros que no han entrado al sistema. En este caso volvemos a ver que el grupo peor parado en cuanto a nivel de servicio es el 2, igual que ocurría en la ocupación.

La razón por la que obtenemos peor calidad en el grupo 2 que en el grupo 4 es muy sencilla. La mayor parte de los pasajeros del grupo 4 no han entrado al sistema por estar colapsados, mientras que en el grupo 2 han entrado un gran número de pasajeros al sistema.

Como hemos visto, podemos obtener una gran cantidad de información de una sola simulación. También sabemos que hay que corregir el programa de algún modo de tal manera que acepte más pasajeros sin que tanto colapso.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y MEJORAS FUTURAS

Como ya marcamos al comienzo de este proyecto, el fin principal de nuestro estudio era conocer el grado de utilización de los mostradores de facturación, su capacidad y la calidad que dan al pasajero, en el Terminal B principal del Aeropuerto de Barcelona.

En primer lugar, hemos conseguido mostrar la necesidad de realizar mejoras en el proceso de facturación, ya que se ha visto que, por ejemplo, no son suficientes los mostradores que existen en la actualidad, incluso sin haber incluido la totalidad de pasajeros que en realidad deberían haber en el sistema. O, al menos, se ha de plantear una remodelación en el modo de situar las colas de facturación, en la utilización de más máquinas de auto-facturación...

Como hemos dicho, la capacidad del sistema de facturación no es suficiente para abastecer la demanda en ciertas horas punta del día. Como consecuencia, la calidad o nivel de servicio que recibe el pasajero no es del todo adecuado.

En segundo lugar, teníamos el objetivo de familiarizarnos con el software de Witness. Se ha conseguido tanto utilizar de un modo eficiente el software de Witness, como el software relacionado con la configuración del sistema. En este caso, se han necesitado conocimientos de Excel. Una gran parte del trabajo ha consistido en generar un plan de vuelo que aceptara Witness, a partir de los datos que nos proporcionó AENA. Por otra parte, la separación de mostradores de facturación en grupos, y la configuración de algunos parámetros de entrada, también fueron factores de reflexión durante el desarrollo del proyecto. Para estos últimos, ha sido de gran ayuda las medidas realizadas directamente en el aeropuerto.

Por último, debíamos parametrizar, teórica y experimentalmente, los distintos componentes que forman el proceso de facturación, de modo que pudiéramos ajustar de forma más exacta la simulación del proceso, y calcular el error que cometíamos al utilizar unos u otros parámetros.

En este caso, hemos conseguido definir el tiempo de facturación, la longitud de las colas de facturación, y el modo en el que llegan los pasajeros a facturar, como los factores que más afectan a los resultados de la simulación. Sin embargo, para calcular el error cometido, y conocer el nivel de servicio ofrecido al pasajero, se utilizan otros parámetros, tales como una ocupación media por pasajero en cola de facturación, o el tiempo máximo en cola de facturación.

Durante el desarrollo del proyecto hemos visto que el modo en el que el módulo de facturación de Witness gestiona a los pasajeros en los mostradores de facturación no es del todo correcto. El sistema abre un nuevo mostrador de facturación sólo si la cola del mostrador abierto está llena. De este modo, aumenta de un modo considerable el tiempo en cola de facturación, y genera que se vaya colapsando el sistema.

Llega un momento que el sistema no acepta más pasajeros porque no caben en la zona de facturación, y no los deja entrar en la simulación. La consecuencia es que los resultados que obtenemos sólo tienen en cuenta los pasajeros que han entrado al sistema y no los que han quedado fuera del mismo.

Por otra parte, en la versión de Witness que se ha utilizado no era posible trabajar con máquinas de auto-facturación, lo cual aleja nuestra simulación aún más de la realidad. El único modo de adaptar el sistema a este hecho es bajar los tiempos de facturación en un porcentaje de los vuelos que vayan a facturar.

También sería interesante que el módulo de facturación de Witness permitiera la selección de tipo de cola de facturación, es decir, si los pasajeros se ponen en una cola frente a cada mostrador, si hacen una cola en zig-zag que ocupe varios mostradores...De este modo podríamos aumentar el tamaño de las colas de facturación, con lo que aumentaríamos la capacidad de recibir pasajeros.

En cuanto a posibles mejoras, el módulo de Witness, como ya hemos comentado, ha de implementar la posibilidad de máquinas de auto-facturación, la posibilidad de selección de tipos de cola de facturación, y sobre todo, ha de mejorar el modo en el facturan los pasajeros en cada mostrador.

El Aeropuerto de Barcelona, por otra parte, podría aumentar las máquinas de auto-facturación, ya que las mismas disminuyen de forma considerable el tiempo de facturación. Esto también genera la necesidad de tener más personal de las compañías para ayudar a los pasajeros en la facturación.

También se podría fomentar la facturación on-line vía Internet, con lo que se reducen las colas y los colapsos en las horas punta.

Otra opción que se puede tratar es cambiar el modo de en el que están situadas las colas de facturación, ya que en algunos casos, la cola de facturación de tipo zig-zag, puede aumentar la capacidad de pasajeros a facturar.

Por último, en ciertas horas del día, hay grupos de mostradores que están colapsados. Al conocer cuáles son, y a qué hora puede ocurrir el colapso, se podría reconsiderar el reparto de mostradores, y ceder más a los grupos que lo necesiten, o aumentar los mostradores del grupo conflictivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manual del Curso de formación de Witness 2000, AENA.
- Manual de niveles de servicio, AENA.
- Manual del módulo de facturación del MODA 2003, AENA
- Plan de vuelo de la semana 6/11/2006 al 12/11/06, AENA.
- Asignatura Organización, Explotación y Mantenimiento de Aeropuertos.
- Web de AENA. [http:\ www.aena.es](http://www.aena.es)
- Airport Development Reference Manual, 8ª Edición, Abril 1995.
- Airport Development Reference Manual, 9ª Edición, Enero 2004.



## ANEXO 1. FICHERO \*.pdv

NUVU	ASIE	HLL	MLL	TPFA	MOST	HSL	MSL	TPLL	TPSL	CVPR	APMOST	TPAV	COMP	TPSRL	TPSRs	CONF	TFAC
1	180	0	0	1	0	15	5	0	2	9	0	0	13	0	1	0	1
2	180	0	0	1	0	15	5	0	2	9	0	0	13	0	1	0	1
3	180	0	0	1	3	15	10	0	2	9	120	0	7	0	1	0	1
4	180	0	0	1	0	15	10	0	2	9	0	0	11	0	1	0	1
5	180	0	0	1	0	15	10	0	2	9	0	0	13	0	1	0	1
6	180	0	0	1	0	15	10	0	2	9	0	0	14	0	1	0	1
7	180	0	0	1	0	15	10	0	2	9	0	0	17	0	1	0	1
8	130	0	0	1	0	15	15	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
9	180	0	0	1	0	15	15	0	2	9	0	0	13	0	1	0	1
10	180	0	0	1	0	15	20	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
11	172	0	0	1	0	15	20	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
12	180	0	0	1	0	15	20	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
13	180	0	0	1	0	15	25	0	1	9	0	0	5	0	1	0	1
14	130	0	0	1	0	15	25	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
15	130	0	0	1	0	15	25	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
16	172	0	0	1	0	15	25	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
17	130	0	0	1	0	15	30	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
18	172	0	0	1	0	15	30	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
19	180	0	0	1	0	15	30	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
20	180	0	0	1	0	15	30	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
21	180	0	0	1	0	15	30	0	3	9	0	0	13	0	1	0	1
22	180	0	0	1	0	15	30	0	2	9	0	0	13	0	1	0	1
23	180	0	0	1	0	15	40	0	3	9	0	0	5	0	1	0	1
24	130	0	0	1	0	15	40	0	1	9	0	0	13	0	1	0	1
25	180	0	0	1	0	15	50	0	1	9	0	0	20	0	1	0	1



En la tabla anterior podemos observar el fichero \*.pdv necesario para la configuración del módulo de facturación de witness. La misma tabla se corresponde con la configuración de la hora tipo (15.00 h del 9/11/06), en la que encontramos 25 vuelos. Los parámetros no utilizados en el módulo de facturación están fijados a 0.

La configuración de entrada requiere unos parámetros que describimos a continuación:

**NUVU:**

Número de Vuelo.

**ASIE:**

Número de Asientos disponibles en el avión para el Vuelo

**HLL:**

Hora de la Llegada del Vuelo

No es de uso en el módulo de facturación.

**MLL:**

Minutos pasados de la hora anterior de la Llegada del Vuelo.

No es de uso en el módulo de facturación.

**TPFA:**

Tipo de Facturación que necesita el vuelo en salida. Los valores posibles son:

1 – Simultanea      2 - Dedicada

**MOST:**

Número de mostradores consecutivos que se necesitan cuando la facturación es dedicada.

**HSL:**

Hora de la Salida del Vuelo

**MSL:**

Minutos pasados de la hora anterior de la Salida del Vuelo

**TPLL:**

Tipo de vuelo en Llegada. Los valores posibles son:

1 - Nacional

2 - Schengen

3 - No Schengen

4 – Internacional Puro

5 – Otros

No es de uso en el módulo de facturación.

**TPSL:**

Tipo de vuelo en Salida. Los valores posibles son:

1 – Nacional

2 - Schengen

3 - No Schengen

4 – Internacional Puro

5 – Otros

**CVPR:**

Curva de Presentación en los mostradores de facturación que siguen los pasajeros del vuelo. Su valor debe estar entre 1 y 10 que son las curvas definidas en la pantalla de “*Curvas de Presentación*”

**APMOST:**

Antelación en minutos sobre la hora de salida del vuelo en la que se abrirán los mostradores para la facturación. Este valor sólo tiene sentido para vuelos dedicados, ya que en la facturación simultánea se supone que los mostradores están disponibles en todo momento. Es también el límite de tiempo para la asignación de mostradores a vuelos; si en el momento de la apertura ha sido imposible encontrar un grupo de mostradores consecutivos el vuelo *colapsa* y no sale de la simulación.

**TPAV:**

Tipo de Avión según su tamaño. Los posibles valores van de 1 a 8 siendo 1 la aeronave mayor y 8 la menor, de acuerdo al Manual Normativo de Señalización en el Área de Movimiento.

No es de uso en el módulo de facturación.

**COMP:**

Compañía a la que pertenece el Vuelo. Los valores deben estar comprendidos entre los asignados en la pantalla de “*Compañías*”.

**TPSRL:**

Tipo de Servicio del Vuelo en Llegada. Los valores posibles son:

1 – Regular

2 – Chárter

No es de uso en el módulo de facturación.

**TPSRs:**

Tipo de Servicio del Vuelo en Salida. Los valores posibles son:

1 – Regular

2 – Chárter

**CONF:**

Conflictividad del Vuelo. Los valores posibles son:

1 – No Conflictivo

2 – Conflictivo

Reconocer un Vuelo como conflictivo dará un valor de tiempo del Control de Pasaporte mayor en un X por ciento al de los no conflictivos. No es de uso en el módulo de facturación, aunque su valor es pasado en la información generada para otros módulos.

**TFAC:**

Tiempo medio que tarda en facturar un pasajero de este Vuelo. El valor final se obtiene con una distribución triangular sobre este valor.